

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl. ⁶ H01L 21/027	(11) 공개번호 특 1998-079377
	(43) 공개일자 1998년 11월 25일
(21) 출원번호 특 1997-048115	
(22) 출원일자 1997년 09월 23일	
(30) 우선권주장 97-71125 1997년 03월 25일 일본(JP)	
(71) 출원인 니콘(주) 요시다쇼이치로	
	일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 3-2-3
(72) 발명자 나카시마모루	
	일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 3-2-3 니콘(주)내 오키노데루아키
	일본 도쿄도 지요다구 마루노우치 3-2-3 니콘(주)내
(74) 대리인 이병호, 최달용	

(54) 하전립자선 전사장치

본 발명의 목적은, 마스크위의 전사용 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사 대상의 기판위에 전사하는 경우에 간단한 구성으로 수차를 억제하여 고정도로 패턴을 전사하는 것으로서, 전자 편향기(5, 6)를 통해 마스크(M)위에서 전자선(EB)을 X방향으로 주사하며, 마스크(M)를 통과한 전자선(EB)에 의해 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)로 이루어지는 대칭 자기 더블렛 방식의 광학계를 통해 웨이퍼(W)위에 마스크 패턴의 축소상을 전사한다. 상기 경우에 마스크 스테이지(9) 및 시료대(23)를 구동하여 마스크(M) 및 웨이퍼(W)를 Y방향으로 동기하여 기계적으로 주사하며, 마스크(M)위에서의 전자선(EB)의 조사영역인 Y방향의 폭에 대하여 X방향의 폭을 좁게 설정하는 것에 의해 상기 전자선의 조사 영역내에서의 수차가 거의 일정한 것으로 간주하도록 한다.

- 도 1은 본 발명에 의한 하전립자선 전사장치의 제 1실시예의 전자선 축소 전사장치를 나타내는 일부를 잘라 나타낸 구성도.
- 도 2는 도 1의 전자선 축소 전사장치를 X방향에서 본때의 일부를 잘라낸 측면도.
- 도 3은 제 1실시예에 있어서 전사동작의 설명에 제공되는 사시도.
- 도 4는 제 1실시예에 있어서 마스크(M)위에 인접하는 시야내의 패턴 배치의 한 예를 나타내는 확대 평면도.
- 도 5는 도 4의 마스크(M)를 사용하여 웨이퍼(W)위에 전사되는 패턴을 나타내는 확대 평면도.
- 도 6은 제 1실시예의 대칭 자기 더블렛(doublet) 방식의 투영 광학계의 수차특성의 한 예를 나타내는 설명도.
- 도 7은 본 발명의 제 2실시예의 전자선 축소 전사장치를 나타내는 일부를 잘라낸 구성도.
- 도 8은 도 7의 전자선 축소 전사장치를 X방향으로 본 때의 일부를 잘라낸 측면도.
- 도 9는 제 2실시예에 있어서 전사동작의 설명에 제공되는 사시도.
- 도 10은 도 9의 부시아(53A)를 포함하는 영역의 확대 평면도.
- 도 11은 전자선의 강도분포의 한 예를 나타내는 설명도.
- 도 12는 제 2실시예에 있어서 대칭 자기 더블렛에 전자 편향기와 비점 수차 보정코일을 조합하여 축외 수차를 저감하는 방식의 투영 광학계의 수차특성의 한 예를 나타내는 설명도.
- 도 13은 본 발명의 제 3실시예인 전자선의 조사영역(부시아(53B))의 강도 분포를 나타내는 설명도.
- 도 14a는 도 13의 부시아(53)의 주사를 나타내는 설명도.

도 14b는 주사 노광후의 Y방향의 적산 노광량의 분포를 나타내는 설명도.

도 15는 도 13의 실시예에 대하여 Y방향의 중앙부의 폭을 좁게한 부시아(53C)의 전자선의 강도 분포를 나타내는 설명도.

도 16a는 도 15의 부시아(53C)의 주사를 나타내는 설명도.

도 16b는 주사 노광후의 Y방향의 적산 노광량의 분포를 나타내는 설명도.

도 17a는 도 15의 부시아(53C)를 생성하기 위한 빔성형 어퍼처(aperture)부의 구성예를 나타내는 평면도.

도 17b는 도 17a의 일부를 잘라낸 측면도.

※ 도면의 주요부분에 대한 부호의 설명 ※

M : 마스크

W : 웨이퍼

1, 1A, 1B : 빔성형 어퍼처

2A, 2B : 콘덴서 렌즈

3A, 3B : 원통형상의 도전성 전극

5, 6 : 전자 편향기

7 : 주 제어계

8, 22 : 편향 포커스 제어부

10 : 마스크 스테이지

13, 14 : 정전 편향기

15 : 투영렌즈

16, 20 : 원통형상의 도전성 전극

18 : 비점 수차 보정용인 8극의 전자 편향기

19 : 대물렌즈

21 : 2단의 8극 정전 편향기

23 : 시료대

24 : 가동 스테이지

51A, 51B, 51C : 주 시아

52A, 53A, 53B, 53C : 부시아

55A : 전사영역

58A, 58B, 58C : 부분 전사영역

71, 72, 73, 74, 75, 76 : 축외 수차를 저감하는 전자 편향기

본 발명의 상세한 설명

본 발명의 실시예

본 발명이 속하는 기술 분야에 종래기술

본 발명은, 예를 들면 반도체 집적회로등을 제조하기 위한 리소그래피 공정에서, 전자선이나 이온빔등의 하전입자선(charged particle beam)의 조사에 의해 마스크 패턴을 감광성의 기판위에 전사하기 위한 하전입자선 전사장치(projection apparatus)에 관한 것이며, 특히 초고밀도의 미세패턴을 높은 스루풋으로 반도체 웨이퍼위에 전사하는 경우등에 사용하기에 적합한 것이다.

(종래의 기술)

최근, 전사 패턴의 해상도 향상과 스루풋(생산성)향상과의 양립을 가능하게 한 하전입자선 전사장치의 검토가 진행되어 지고 있다. 이와 같은 전사장치로서는, 종래부터 1다이(1매의 웨이퍼에 형성되는 다수의 집적회로의 1개분에 상당하는 회로패턴)또는 복수 다이분의 패턴을 마스크에서 하전입자선에 감광하는 레지스트가 도포된 웨이퍼등의 기판위에 일괄로 전사하는 일괄전사 방식의 장치가 검토되고 있다. 그렇지만, 일괄 전사방식은, 전사의 원판으로 되는 마스크의 제작이 곤란하며, 또한, 1다이분 이상의 큰 광학필드내에서 하전입자 광학계(이하, 간단히 '광학계'라고 칭함)의 수차를 소정치 이하로 수납하는 것이 어렵다. 그래서, 최근에는 기판에 전사되는 패턴을 1다이에 상당하는 크기보다도 작은 복수의 슬릿형상의 시야로 분할하며, 각 시야마다 패턴을 순차 하전입자선으로 길이방향으로 주사하는 것에 의해 기판위에 전사하는 방식의 장치가 제안되고 있다(예를 들면 일본 특허 공고 평7-32111호 공보참조).

이하에서는, 하전입자선 전사장치로서 전사선을 사용하여 마스크 패턴을 웨이퍼위에 축소하여 전사하는 전자선 축소 전사장치를 예를들어 설명한다. 그와같이 마스크위의 각 시야마다의 패턴을 길이방향으로 주사하여 전사하는 방식의 전자선 축소 전사장치에서는, 먼저 마스크의 전사대상의 슬릿형상의 시야에 따라서 전사선을 주사하기 위해, 주사용 편향기가 사용된다. 이어서, 상기 마스크위에서 전자선이 조사된 영역의 패턴을 웨이퍼위에 전사하기 위해, 축소투영 광학계가 사용된다. 이 축소투영 광학계는, 슬릿형상의 가늘고 긴 시야의 패턴을 고정도로 웨이퍼위에 전사할 필요가 있기 때문에, 가능한한 큰 시야로 제반 수차가 작은 것이 요망된다. 그와같은 광학계로서는, ①MOL(Moving Objective Lens)방식, 또는 ②PREVAIL(Projection Lithography with Variable Axis Immersion Lens)방식등이 제안되어 있다. 이것들의 방식은 편향기와 대칭적인 렌즈를 조합하여 사용하는 방식이다. 즉, ①의 MOL방식은, 대물렌즈의 축을 편향기에 의한 편향자장을 사용하여 동작하는 것에 의해 넓은 시야로 한때의 수차를 작게 하는 방식이며, ②의 PREVAIL방식은, MOL방식과 동일한 방식이지만, 대물렌즈로서 전사대상의 기판이 렌즈의 내측에 수납되는 소위 인렌즈형의 렌즈를 사용하는 방식이다.

본 발명의 실시예에 따른 전자선 축소 전사장치

싱기와 같이 종래기술에 있어서는, 마스크위의 슬릿형상의 시아인 패턴을 전사하기 위해 가능한한 큰 시아에서 제반 수치가 작은 축소 투영 광학계로서 편향기와 축대칭인 렌즈를 조합시킨 광학계가 유망하다고 되어있다. 그러나, 편향기는 광축에 관하여 비회전 대칭이기 때문에 편향기를 포함하는 광학계를 사용하면, 웨이퍼위에 전사되는 투영상에 비회전 대칭인 수치가 혼입되기 쉽다는 불합리함이 있다. 이 경우, 예를 들면 전기적으로 그와같은 비회전 대칭인 수차 또는 비축 대칭인 수차를 보정하는 것은 가능하지만, 보정기구가 복잡화되어 제조가격이 높게 된다.

또한, 종래는, 마스크위의 슬릿형상의 시아에 따라서 전자선을 주사하기 위한 주사용 편향기에 단순한 틈니기어 형상파의 신호를 부여하고 있다. 그러나, 이 방식에서는 전자선이 광축에서 떨어짐에 따라서 전자선의 주사속도가 낮게되어 웨이퍼위의 광축에서 떨어진 영역에서의 노광량이 많게되며, 결과로서 전자선 레지스트에 대한 노광 에너지(적산 노광량 또는 도즈)의 분포가 불균일 하게 된다는 불합리함이 있었다.

또한, 그와같이 마스크위의 각 시아마다의 패턴을 길이방향으로 주사되어 전사되는 방식에서는, 인접하는 시아의 패턴을 웨이퍼위에서 정확하게 맞추어 연결하여 전사할 필요가 있다. 이것에 관하여, 최근은 전사되는 패턴의 집적도가 점차 향상되고 있기 때문에 종래의 연결정도에서는 충분하지 않게 되어진다.

또한, 종래의 전사장치에서는, 웨이퍼위에서의 투영상의 포커스위치(결상면의 위치)를 보정하기 위해 예를 들면 전자렌즈에 공급하는 구동전류를 제어하고 있다. 그러나, 전자렌즈는 응답속도가 늦기 때문에 각 시아의 패턴을 길이방향으로 주사하여 전사를 행하는 경우에 상기 주사에 동기되어 다이내믹하게 투영상의 포커스위치를 보정하기 위해서는 상기 주사속도를 늦게 할 필요가 있다. 그 때문에 전사공정의 스루풋(생산성)을 높일 수 없다는 불합리함이 있었다.

또한, 그와같이 마스크위의 각 시아마다의 패턴을 길이방향으로 주사하여 전사하는 방식에서는, 주사와 동시에 패턴일도등에 의존하여 전자선의 빔 전류가 변화되기 때문에 상기 슬릿형상의 시아의 전체에서 축소 투영 광학계에 있어서 초점맞춤 조건이 꼭 만족되지는 않았다. 그 때문에 웨이퍼위에 전사된 상의 해상도가 부분적으로 저하한 다는 불합리함이 있었다.

또한, 예를 들면 전자총을 온도 제어영역에서 사용하는 경우에는, 빔 정형용의 어퍼쳐위에 조사되는 전자선의 단면에서의 강도분포가 소정의 주기(폭)으로 주기적으로 변동되며, 마스크에 조사되는 전자선의 강도분포도 변동되는 일이 있다. 이와같이 마스크에 조사되는 전자선의 단면에서의 조사강도 분포의 일관성이 그다지 좋지않은 상태에서 마스크위를 전자선으로 주사하여 노광을 행하는 경우에는 웨이퍼위에서의 노광 에너지(도즈)의 일관성이 개선되지 않는 경우가 있다. 또한, 전자선의 강도분포는 통상 대칭축의 주위에 가우스 분포형상으로 되어 있기 때문에 전자선의 조사영역(시아)을 넓게하여 주사노광을 행하는 경우에는 주사방향으로 직교하는 비주사 방향에서 어느정도의 도즈의 변질이 발생할 우려가 있었다.

본 발명은 이러한 점을 감안하여 마스크위의 전사용의 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에 간단한 구성으로 수차를 억제하여 고정도로 패턴을 전사할 수 있는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 1목표로 한다.

또한, 본 발명은 마스크위의 전사용의 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에, 상기 하전립자선의 주사속도를 균일 하게 하여 상기 기관위에서의 노광량 분포를 한결같이 할 수 있는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 2목적으로 한다.

또한, 본 발명은, 마스크위의 전사용 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에 소정의 패턴을 높은 연결정도로 상기 기관위에서 맞추어 연결하여 전사할 수 있는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 3목적으로 한다.

또한, 본 발명은, 마스크위의 전사용의 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에 상기 기관위에서의 하전립자선에 의한 투영상의 포커스위치를 높은 응답속도로 보정할 수 있는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 4목적으로 한다.

또한, 본 발명은, 마스크 위의 전사용 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에 상기 주사방향에 따라서 하전립자선의 빔 전류가 변화된 경우에도 투영 광학계에서의 초점맞춤 조건을 항상 만족할 수 있는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 5목적으로 한다.

또한, 본 발명은, 마스크위의 전사용 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기관위에 전사하는 경우에 상기 하전립자선의 강도분포에 변질이 있는 경우에도 주사후의 시료위에서의 전산 노광량의 변질이 적게되는 하전립자선 전사장치를 제공하는 것을 제 6목적으로 한다.

(과제를 해결하기 위한 수단)

본 발명에 의한 제 1하전립자선 전사장치는, 예를 들면, 도 1 및 도 2에 나타내듯이 전사용의 패턴이 형성된 마스크(M)를 하전립자선으로 소정의 주사방향(X방향)으로 주사하여 상기 패턴을 전사대상의 기관(W)위에 전사하는 하전립자선 전사장치에 있어서, 상기 주사방향의 폭(dx)이 상기 주사방향에 수직인 비주사 방향의 폭(dy)에 비교하여 좁은 단면형상(53)을 갖는 하전립자선으로 마스크(M)위를 상기 주사방향으로 주사하는 주사수단(5,6)과, 마스크(M)를 투과한 하전립자선을 집속하여 기관(W)위에 상기 패턴의 일부의 상을 형성하는 축대칭의 투영수단(15, 19)을 갖는 것이다.

이러한 본 발명에 의하면, 예를 들면 대칭자기 더블렛방식의 렌즈와 같은 축대칭의 투영수단(15, 19)을 사용하고 있기때문에 모든 수차는 광축에서의 거리에만 의존하며, 회전방향의 위치에는 존재하지 않는다. 또한, 마스크(M)위를 주사하는 하전립자선의 단면형상(53)의 주사방향의 폭은 좁기때문에 상기 하전립자선의 내부에서의 광축에서의 거리차는 작다. 따라서, 상기 하전립자선의 단면형상(53)의 내부에서는 거의 동일한 수차 보정조건으로 되기때문에 잔류수차를 상당히 작게 하여 고정도로 전사 할 수 있다.

이 경우, 상기 하전립자선의 단면에서의 강도분포가 거의 동일하게 간주되어 질 때에는 상기 하전립자선의 단면형상(53)의 주사방향의 폭(dx)은 비주사방향의 폭(dy)의 1/5이하인 것이 바람직하다. 이것에 의해 상기 하전립자선이 주사방향에 광축에서 떨어진 위치에 있어도, 상기 하전립자선 내부에서는 동일한 수차보정 조건이 적용된다.

또한, 상기 주사수단(5, 6)에 의해 주사되는 하전립자선의 편향각을 θ 로 할때, 상기 주사수단에 대한 구동신호는, 변화율이 $\theta / \sin\theta$ 에 비례하도록 설정하는 것이 바람직하다. 이것에 관하여 주사수단(5, 6)으로서 전자편향기를 사용하는 것으로 하면, 상기 편향각(θ)은 상기 전자 편향기에 흐르는 전류에 비례하기 때문에 상기 편향기에 흐르는 전류를 시간에 비례하는 값으로 하면, 편향각(θ)이 0에 가까운 영역에서는 마스크에 대한 하전립자선의 주사속도가 빠르게 되며, 주변에서는 늦게된다. 그래서, 본 발명과 같이 편향기에 흐르는 전류의 시간변화를 $(\theta / \sin\theta)$ 로 비례하도록 하면, 광축에서의 거리에 관계없이 하전립자선의 주사속도가 일정하게 되며, 기관(W)위에서의 노광량(도즈)의 분포를 균일하게 할 수 있다.

또한 상기 축대칭의 투영수단을, 복수의 전자렌즈(15, 19)에 의해 구성하며, 이들 복수의 전자렌즈중의 적어도 어느하나의 전자렌즈내에 배치된 실질적으로 축대칭인 도전성의 전극(16, 20)과, 상기 주사수단을 통해 하전립자선에서 마스크(M)를 주사하는 경우, 전극(16, 20)에 인가되는 전위를 제어하는 것에 의해 상기 투영수단의 초점거리를 제어하는 초점거리 제어수단(7, 22)을 구비하는 것이 바람직하다.

이때, 전극(16, 20)에 인가되는 전위를 제어한다는 정전방식은 응답속도가 극히 빠르기 때문에 하전립자선의 주사에 주기되어 다이내믹하게 포커스위치의 조정이 행해진다.

또한, 마스크(M)를 투과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 투영수단(15, 19)의 초점거리를 보정하는 초점거리 보정수단(16, 20)을 설치하는 것이 바람직하다. 이때, 하전립자선이 주사방향으로 이동함에 따라서, 상기 하전립자선 내부에 포함되는 마스크(M)의 원화패턴(개구패턴)의 총면적이 변화되어 공간전하 효과도 시간적으로 변동된다. 즉, 포커스위치는 빔 전류가 큰 시점에서는 멀리로 이동되며, 반대로 빔 전류가 작은 때에는 앞쪽으로 이동된다. 그래서, 예를 들면 미리 마스크(M)의 원화패턴에 근거하여 주사방향으로 위치의 함수로서 빔 전류를 구해두며, 주사에 동기하여 초점거리 보정수단(16, 20)을 동작시키는 것에 의해 항상 초점맞춤조건에서 전사가 행해진다.

이어서, 본 발명에 의한 제 2하전립자선 전사장치는, 예를 들면 도 7 내지 도 17에 나타내듯이 전사용의 패턴이 형성된 마스크(M)를 하전립자선으로 소정의 주사방향으로 주사하여 상기 패턴을 전사대상의 기관(W)위에 전사하는 하전립자선 전사장치에 있어서, 상기 하전립자선의 강도분포의 편차(deflection)를 주사하는 하전립자선 전사장치에 있어서, 상기 하전립자선의 강도분포의 편차를 주사후에 삼쇄 또는 저장하는 단면형상(53A, 53B, 53C)을 갖는 하전립자선으로 마스크(M)위를 상기 주사방향으로 주사하는 주사수단(5, 6)과 마스크(M)를 투과한 상기 하전립자선을 집속하여 기관(W)위에 상기 패턴의 일부를 상을 형성하는 투영수단(15, 19)을 구비한 것이다.

이러한, 본 발명의 제 2하전립자선 전사장치에 있어서, 하전립자선의 단면에서의 강도분포가, 예를 들면 도 15에 나타내듯이 가우스 분포형상인 경우, 중심에서의 강도(I)를 1로하며, 강도(I)가 0.9까지의 폭(L)을 정방형의 단면영역(53B)를 사용하고 있으면, 스텝앤드 리프트방식으로 전사되는 데에는 적산노광량(도즈)의 일관성의 오차는 10%정도로 된다. 이것에 대하여 상기 폭(L)의 정방형의 단면의 하전립자선에서 마스크위를 주사하면(주사방향을 X방향으로 한다), 주사방향의 노광량 변질이 없게된다. 또한, 비주사방향(이 경우에는 Y방향)에서의 적산 노광량은 도 16b에 나타내듯이 중앙부에서 최대치 0.97로 감소되며, 주변부는 최소치 0.94정도로 증가되며, 적산 노광량의 일관성의 오차는 3%정도로 되어 큰폭으로 개선된다.

이 비주사방향으로의 적산 노광량의 일관성을 더욱 향상시키기 위해서는, 도 17 및 도 18a에 나타내듯이 상기 하전립자선의 단면의 비주사방향(Y방향)의 주사방향을 좁게한 단면영역(53C)을 사용하면 좋다. 이 단면의 하전립자선으로 마스크위를 X방향으로 주사하는 것에 의해 비주사방향의 적산 노광량은 도 16b에 대응한 도 18b에 나타내듯이 0.94로 일정하게 된다. 따라서, 주사방향, 비주사방향 모두 거의 완전한 적산 노광량의 일관성이 얻어진다.

이 경우, 이 제 2하전립자선 전사장치에 있어서는, 마스크(M)를 투과한 하전립자선의 비점 치수를 보정하기 위한 비축대칭의 비점 보정코일, 또는 편향장치를 설치하며, 상기 하전립자선의 강도분포가 상기 주사방향에 있어서 림플을 갖고 변동하는 경우와 상기 하전립자선의 단면형상은, 상기 주사방향의 폭이 상기 림플의 폭보다 넓은지, 또는 상기 하전립자선의 강도분포가 중앙부에서 높고 주변부에서 낮은 경우에 상기 하전립자선의 단면형상은, 상기 주사방향으로 수직인 비주사방향의 중앙부가 좁게 되어 있는 것이 바람직하다.

반대로, 상기 강도분포가 대칭축의 주변에 중앙부에서 낮고 주변부에서 높은 경우에는, 상기 하전립자선의 단면형상의 비주사방향의 중앙부가 넓게 되어 있으면 좋다.

이 경우, 상기 비축대칭의 비점 보정코일등에 의해 하전립자선의 비점 수치가 보정된다. 또한, 예를 들면 도 10에 나타내듯이 하전립자선의 강도분포가 주사방향으로 소정의 림플폭(G)으로 변동되는 경우에는, 예를 들면 도 9에 나타내듯이 하전립자선의 단면의 주사방향의 폭(L)을 림플폭(G)보다 매우크며, 예를 들어 짝수배등으로 설정되는 것에 의해 림플에 의해 적산 노광량에 변질이 발생하는 것이 방지된다. 또한, 하전립자선의 강도분포가 가우스분포의 경우에는, 상기 그대로 이다.

이것에 관하여, 그와같이 비주사방향의 중앙부의 폭이 좁게 된 단면의 하전립자선을 생성하는데에는, 예를 들면 도 19에 나타내듯이 중앙부가 좁게된 개구(80)가 형성된 빔 성형판(18)을 사용하면 좋다. 이 경우에 또한 2차원적인 위치나 회전각이 보정되는 보정판(81)으로 하전립자선을 차단하여도 좋다. 하전립자선의 분포가 경시변화로 변화된 경우에 상기 보정판(81)의 차단량을 제어하는 것으로서 적산 노광량 분포를 항상 균일하게 할 수 있다.

이 제 2하전립자선 전사장치에 있어서는, 마스크(M)를 투과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리, 비점수치 및 편향기 전류의 모두를 보정하는 결상특성 보정수단을 설치하

는 것이 바람직하다. 이것에 의해 마스크 패턴의 조밀도에 의해 빔 전류가 변화되어도 양호한 결상특성이 얻어진다.

또한, 상술한 본 발명의 제 1 또는 제 2하전립자선 전사장치에 있어서는, 상기 주사방향으로 수직인 주사방향(Y방향)에 마스크(M) 및 기판(W)을 동기하여 이동하는 스테이지 장치(9, 23)를 설치하며, 마스크(M)로서 패턴영역이 상기 비주사방향에 대하여 상기 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 길이 방향의 폭에 대응하는 폭인 복수의 시야(51A, 51B)로 분할됨과 동시에 각 인접하는 2개의 시야가 상호 중복되는 부분(31A, 31B)을 갖는 마스크가 설치된 경우에 상기 스테이지 장치를 통해 마스크(M) 및 기판(W)을 상기 비주사방향으로 이동하며, 상기 주사수단을 통해 마스크(M) 위에서 상기 하전립자선을 그 주사방향으로 주사하는 것에 의해 마스크(M) 위의 각 인접하는 2개의 시야의 상호 중복되는 부분(31A, 31B)을 기판(W) 위에 겹쳐 전사하는 것이 바람직하다.

이 경우, 예를 들면 도 5에 나타내듯이 하전립자선을 주사하는 것에 의해 기판(W) 위에서 종래방식에서의 경계선(59)을 걸치는 것같은 패턴(37W)을 전사하는 것으로 하면, 도 4에 나타내듯이 상기 원화패턴(37)을, 마스크(M) 위의 인접하는 시야(51A, 51B) 내의 중복되어 전사되는 부분(31A, 31B)의 한쪽(31B) 내에 형성하여 둔다. 그리고, 시야(51A, 51B) 내의 원화패턴을 기판(W) 위에서 부분적으로 중복되도록 대응하는 전사영역(58A, 58B)으로 전사하면, 원화패턴(37)의 상의 패턴(37W)에는 이음매가 없든지, 또는 이음매를 논여하지 않는 상태로 되기 때문에 실질적으로 연결오차를 큰폭으로 개선할 수 있다.

또한, 마스크위에서 하전립자선에 의해 주사되는 한예의 시야(51A) 내의 더욱 패턴밀도가 높은 부분의 패턴밀도, 혹은 마스크(M) 내에서 더욱 패턴밀도가 높은 부분의 패턴밀도에 대응시켜 각 주사마다 또는 각 마스크마다 하전립자선의 전류밀도를 조정하는 것이 바람직하다. 이때, 컨택홀층과 같은 패턴밀도가 작은층(레이어)에서는, 전류밀도를 높게하며, 배선층과 같이 패턴밀도가 큰 층에서는 전류밀도를 작게하여 빔 전류가 각 층에서 그다지 차가 없도록 하면, 공간 전하효과에 의한 하전립자선의 불명확함을 작게 할 수 있다. 또한, 동일층에서도 시야마다 전류밀도를 조정하면 더욱 효과적이다.

본 발명의 광학계

이하, 본 발명에 의한 하전립자선 전사장치의 제 1 실시예에 관하여 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한다. 본 예에서는, 마스크 위의 복수의 슬릿형상의 시야(주시야)의 패턴을 순차 전자선으로 주사하여 웨이퍼 위에 전사하는 전자선 축소 전사장치에 본 발명을 적용한 것이다.

도 1은 본예의 전자선 축소 전사장치의 개략 구성을 나타내며, 이 도 1에 있어서, 광학계(전자 광학계)의 광축(AX)에 수직으로 Z축을 두며, Z축에 수직인 평면내에서 도 1의 지면에 평행으로 X축을, 도 1의 지면에 수직으로 Y축을 취하여 설명한다. 먼저, 도시생략된 전자총에서 방출된 전자선은, 빔 성형 어퍼처(1) 위에 조사되며, 빔 성형 어퍼처(1)의 장방형의 개구에서 단면형상이 성형된 전자선(EB)은, 제 1 콘덴서 렌즈(2A)를 통해 클로스 오버(4)를 형성한 후, 제 2 콘덴서 렌즈(2B)를 통해 평행 빔으로 되어 마스크(M)으로 향한다. 그후, 전자선(EB)은 전단의 전자 편향기(5)에 의해 X방향으로 따라서 편향각(θ)만큼 편향되며, 후단의 전자 편향기(6)에 의해, X방향에 따라서 $-\theta$ 만큼 복귀되어 마스크(M) 위의 하나의 X방향으로 긴 시야위에 수직으로 입사된다. 마스크(M)과 빔 성형 어퍼처(1)와는 공역으로 되며, 마스크(M) 위에서 빔 성형 어퍼처(1)의 개구의 상인 Y방향으로 긴 장방형의 부시야(53)에 전자선(EB)이 조사된다.

전자 편향기(5, 6)에 있어서 전자선의 편향량은, 장치전체의 동작을 총괄 제어하는 주제어계(7)가 편향포커스 제어부(8)를 통해 설정된다. 본 예에서는, 전자 편향기(5, 6)에 대한 구동전류는, 편향각(θ)을 사용하여 변화율이 $\theta / \sin \theta$ 에 비례하도록 설정된다. 이것에 의해 전자선(EB)은 마스크(M) 위를 수직으로 입사하는 조건을 유지하며, X방향에 따라서 일정속도로 주사되도록 이루어지며, 마스크(M) 및 웨이퍼(W)에 대한 전자선의 노광량(도즈)의 분포가 균일하게 된다.

또한, 전자렌즈로 이루어지는 콘덴서 렌즈(2A, 2B)의 내측에는 각각 도전성의 원통형상의 전극(3A, 3B)이 설치되며, 전극(3A, 3B)에는 편향포커스 제어부(8)에서 가변의 전압이 인가되어 있다. 본 예에서는, 미리 마스크(M) 위의 패턴밀도를 조정해두며, 패턴밀도가 작은 시야재에서는 전자선의 전류밀도를 크게하며, 패턴밀도가 큰 시야내에서는 상기 전류밀도를 작게하여 각 시야간에서 마스크(M)를 통과한 후의 빔 전류에 별로 차가 없도록 하여 공간전하 효과에 의한 전자선(EB)의 불명확함을 작게하고 있다. 한편, 콘덴서 렌즈(2A, 2B)에 있어서도, 빔 전류가 크면 초점 거리가 길게 되며, 빔 전류가 작으면 초점 거리가 짧게 되기 때문에 전자선의 전류밀도에 따라서 전극(3A, 3B)에 인가되는 전압을 제어하여 콘덴서 렌즈(2A, 2B)의 초점거리를 조정하고 있다. 이것에 의해 항상 빔 성형 어퍼처(1)와 마스크(M)와의 공역 관계를 유지하고 있다.

상기 전자선용의 마스크로서는, 질화실리콘(SiN) 등의 박막으로 전자선의 투과부를 형성하며, 상기 박막의 표면에 설치된 텅스텐 등의 박막을 산란부로 하는 소위 산란마스크, 또는 실리콘제의 산란기판 내에 설치된 배낭구멍을 전자선의 투과부로 하는 소위 빈구멍 스텐실 마스크(stencil mask) 등이 존재하지만, 본 예의 마스크(M)로서는 어떠한 마스크라도 사용할 수 있다.

도 1에 있어서, 마스크(M)의 부시야(53) 내의 패턴을 통과한 전자선(EB)은, 투영렌즈(15)에 의해 한번 광축(AX) 위에서 클로스 오버(17)를 형성한 후, 대물렌즈(19)를 통해 축소배율 β (β 는 예를 들면 1/4)에서 반전 축소되어 전자선 렌즈가 도포된 웨이퍼(W) 위의 전사영역에 부시야(53) 내의 패턴의 상을 형성한다. 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)는 대략 자기 더블렛의 조건을 만족하거나, 또는 각각의 내부에 원통형상의 도전체로 이루어지는 전극(16, 20)이 배치되며, 주제어계(7)의 제어아래에서 편향포커스 제어부(22)를 통해 전극(16, 20)에 대하여 가변의 동일한 전압이 인가되어 있다. 본 예에서는 마스크(M) 위의 X방향에서의 전자선(EB)의 조사위치에 따라서 전극(16, 20)에 대한 전압을 동시에 변화시키는 것으로, 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)로 이루어지는 투영 광학계의 초점거리를 다이내믹하게 제어한다. 실제로는 전극(16)에 의해 클로스 오버(17)의 위치가 일정한 위치로 되도록 제어되며, 전극(20)에 의해 투영상의 포커스위치(결상면의 위치)가 일정한 위치로 되도록 제어된다.

또한, 투영렌즈(15)와 마스크(M)와의 사이에 각각 광축(AX) 끼도록 배치된 X 방향으로 긴 한쌍의 평판형

상의 도전체로 이루어지는 정전 편향기(13, 14)가 배치되어 있다. 전단의 정전 편향기(13)는 전자선(EB)을 Y방향으로 편향하며, 후단의 정전 편향기(14)는 상기 전자선(EB)을 복귀하는 역할을 가지며, 정전 편향기(13, 14)에서 전자선의 편향량은 주 제어계(7)가 편향 포커스 제어부(22)를 통해 설정된다.

또한, 도 1에 있어서, 글로스 오버(17)가 형성되는 위치를 감싸듯이 비점 수차 보정용인 8극의 전자 편향기(18)가 배치되어 있다. 전자 편향기(18)에서 보정량은 편향 포커스 제어부(22)에 의해 설정된다. 또한, 대물렌즈(19)와 웨이퍼(W)와의 사이에 각각 8극의 2단의 정전 편향기(21)가 배치되며, 정전 편향기(21)의 편향량도 편향 포커스 제어부(22)에 의해 설정되어 있다. 정전 편향기(21)에 의해 고속으로 웨이퍼(W)위에서의 전자선(EB)의 조사 위치를 X방향 및 Y방향으로 변화시킬 수 있다. 본예에서는, 마스크(M)와 웨이퍼(W)와는 Y방향으로 동기되어 주사되지만, 그 경우의 마스크(M)와 웨이퍼(W)와의 사이의 상대 진동의 보정 및 투영광학계의 디스토션(distortion)등의 비틀림보정을 행하기 때문에 정전 편향기(21)가 사용된다.

이어서, 마스크(M)는 마스크 스테이션(9)내에 XY평면과 평행하게 장착되며, 마스크 스테이지(9)는 마스크 베이스(10)에 연결된 마스크 스테이지 구동부(12)에 의해 Y 방향으로 연속 이동되며, X방향으로 스텝 이동 될 수 있도록 구성되어 있다. 마스크 스테이지(9)의 X방향은 레이저 간섭계(11X)에서 검출되어 주 제어계(7)에 출력된다.

한편, 웨이퍼(W)는, 가동 스테이지(24)에 올려놓여진 시료대(23)위에 XY평면과 평행하게 유지되어 있다. 시료대(23)는, 가동 스테이지(24)에 연결된 웨이퍼 스테이지 구동부(26)에 의해 Y방향으로 연속 이동됨과 동시에 X방향으로 스텝 이동 될 수 있도록 구성되어 있다. 시료대(23)의 Y방향의 위치는, 레이저 간섭계(25X)로 검출되어 주 제어계(7)에 출력된다.

도 2는 도 1의 전사장치를 X방향으로 본 일부를 단면으로서 나타낸 측면도이며, 이 도 2에 나타내듯이 마스크 스테이지(9)의 Y방향의 위치 및 회전각은 레이저 간섭계(11Y1, 11Y2)로 검출되어 도 1의 주 제어계(7)에 출력된다. 동일하게 시료대(23)의 Y방향의 위치 및 회전각도 레이저 간섭계(25Y1, 25Y2)에서 검출되어 도 1의 주 제어계(7)에 출력되어 있다.

도 1로 돌아가서, 도시생략된 노광 데이터 기억장치로부터 노광대상인 마스크(M)의 패턴구성이나, 웨이퍼(W)위의 복수의 전사영역 배열 정보등의 노광데이터가 주 제어계(7)에 공급된다. 상기 노광데이터에 근거하여 주 제어계(7)는 편향 포커스 제어부(8, 22)를 통해 마스크(M)위에서의 전자선의 주사속도 및 전사상의 초점 위치등을 제어함과 동시에 마스크 스테이지(9)및 웨이퍼측의 시료대(23)의 위치 및 주사속도등을 제어하는 것에 의해, 웨이퍼(W)위의 각 전사영역에 각각 마스크(M)의 전사용인 패턴의 축소상을 전사한다.

도 3은, 본예의 전자선 축소 전사장치에 의한 전사방법의 설명도이다. 상기 도 3에서, 마스크(M)의 전사용 패턴은 Y방향으로 일종의 걸쳐지는 것으로 이루어지는 경계영역(52A, 52B, 52C...)를 끼어서 복수의 X방향으로 가늘고 긴 장방향의 주시야(51A, 51B, 51C...)로 분할되어 있다. 이것들의 주시야(51A, 51B...)에는 각각 웨이퍼에 전사되어지는 패턴형상에 대응하는 전자선의 투과부가 설치되며, 경계영역(52A, 52B...)은, 전자선을 차단하거나 확산되는 비패턴영역이다.

그리고, 도 1의 전자 편향기(5, 6)등을 통해 마스크(M)위의 주시야(51A)를 Y방향으로 덮는 구형의 부시야(53)에 전자선(EB)이 조사되며, 주시야(51A)를 통과한 전자선(EB)은, 웨이퍼(W)의 하나의 전사영역(55A)내의 구형의 노광영역(56)에 수직으로 입사된다. 이 상태로, 상기 전자편향기(5, 6)를 통해, 마스크(M)위를 전자선(EB)의 부시야(53)가 순차로 +X방향 및 -X방향으로 주사된다. 이 경우에, 각 주시야(51A, 51B...)의 X방향(길이방향)의 길이는, 전사대상인 반도체칩의 1칩본인 원판 패턴의 단변방향의 폭에 동등하게 설정되어 있다. 단, 상기 주시야(51A, 51B...)의 X방향의 길이를 상기 원판 패턴의 단변방향의 폭보다 넓게 설정하여도 좋다. 이것에 의해 주사방향에는 웨이퍼(W)위에서 이음매가 발생하는 것이 없으며, 고정도로 전사가 행해진다.

그렇지만, 이와같이 마스크(M)위의 각 주시야(51A, 51B...)의 주사방향의 길이를 길게하면, 광축(AX)에서 떨어진 위치에서의 수차가 증가되어 버린다. 그래서, 본예에서는 먼저, 도 1에 나타내듯이 투영렌즈(15)및 대물렌즈(19)로 이루어지는 대칭 자기 더블렛방식의 축대칭의 광학계를 사용하여 투영상의 수차를 광축(AX)에서의 반경만으로 한수로 한다. 또한, 도 3에 있어서, 마스크(M)위의 부시야(53)의 X방향(주사방향)의 폭(dx)을 작게 설정한다. 구체적으로 상기 폭(dx)을 그것과 수직인 Y방향의 폭(dy)에 대하여 1/50이하로 하도록 설정한다. 이것에 의해 부시야(53)가 광축(AX)에 대하여 떨어진 위치에 있어도, 부시야(53)내에서 광축(AX)측의 단부와 광축(AX)와 반대측의 단부에서 수차의 상태는 거의 동일하다고 간주할 수 있다. 따라서, 예를들어 부시야(53)의 중심의 X방향의 위치에 따라서 수차등의 보정을 행하는 것만으로서 웨이퍼(W)위의 노광영역(56)에 대하여 비틀림이 없는 높은 해상도의 패턴상을 전사할 수 있다.

또한, 상기 전자선(EB)의 주사와 동기하여 마스크(M)가 -Y방향(또는 +Y방향)에 연속적으로 주사와 동시에 웨이퍼(W)가 +Y방향(또는 -Y방향)으로 연속적으로 주사된다. 그 결과, 마스크(M)위를 궤적(54)에 따라서 차례로 전자선(EB)의 부시야(53)가 +X방향 및 -X방향으로 상호 주사되며, 마스크(M)위의 주시야(51A, 51B...)의 패턴이 차례로 웨이퍼(W)위의 전사영역(55A)내에서 궤적(57)에 따라서 X방향으로 가늘고 긴 장방향의 부분 전사영역(58A, 58B...)에 전사된다. 마스크(M)의 주사방향과 웨이퍼(W)의 주사방향이 반대로 있는것은 도 1의 투영렌즈(15)및 대물렌즈(19)에 의해 웨이퍼(W)위에 반사상이 투영되기 때문이다. 그후, 웨이퍼(W)위의 인접한 전사영역(55B)에도 동일한 마스크(M)의 패턴이 전사된다.

이 경우에 마스크(M)위의 주시야(51A, 51B...)에 대응하는 웨이퍼(W)위의 부분 전사영역(58A, 58B...)은 Y방향으로 부분적으로 중복되도록 접속되어 있다(상세내용은 후술). 이와같이 웨이퍼(W)위에서 부분 전사영역(58A, 58B...)을 Y방향으로 소정폭씩 중복되게 맞추기 위해 도 1의 2개의 정전 편향기(13, 14)가 사용된다. 여기에서 마스크(M)위의 주시야(51A, 51B...)의 Y방향의 폭(dy1)(중복되어 전사되는 한쪽 부분의 폭을 제외한 값으로한다), 경계영역(52A, 52B...)의 Y방향의 폭(dy2)및 마스크(M)에서 웨이퍼(W)로의 축소배율(β)을 사용하여 마스크(M)와 웨이퍼(W)와의 주사속도의 관계를 구한다. 그 때문에 도 2에 나타내듯이 마스크(M)의 주사속도를 VM, 웨이퍼(W)의 주사속도를 VW로 하면, 웨이퍼(W)위에서는 거의 경

계영역(52A, 52B...)의 폭만큼 패턴이 위치벗어나서 전사되기 때문에 웨이퍼(W)의 주사속도(VW)는, 마스크(M)의 주사속도(VM)에 대하여 다음과 같이 설정된다.

$$VF = \beta \cdot (VW)^2 / ((VW)^2 + (d)^2) \cdot VM$$

이것에 의해, 마스크(M)위에서 전사되는 패턴은, 거의 광축(AX)을 가로로 절단하는 위치에 도달한 각 주사(51A, 51B...)로 되며, 웨이퍼(W)위의 각 부분 전사영역마다 투영되는 패턴상의 초점위치나 투영상의 비틀림등의 제반 수차를 보정하면서 전사가 행해진다.

이어서, 본예의 전사장치에서는, X방향에서는 연속적인 주사에 의해 전사가 행해지기 때문에 연결오차는 발생하지 않는다. 그러나, X방향으로 수직인 Y방향에 대하여서는 연결오차가 발생하는 우려가 있다. 그래서, 이하에서는 Y방향에서의 연결오차를 무시할 수 있는 정도로 작게 하든가, 또는 상기 연결오차를 두드러지지 않게 하는 방법의 한예에 관하여 설명한다.

여기에서, 본예에서 전사대상으로 하는 웨이퍼위의 회로패턴을 도 5에 나타내는 회로패턴으로 한다. 도 5는 웨이퍼(W)위의 회로패턴의 확대도이며, 상기 도 5에 있어서, 점선의 경계선(59)은, 종래의 전사방식에서의 경계선, 즉 도 3의 부분 전사영역(58A, 58B)를 Y방향으로 극간 없이 전사한 때의 경계선이다. 또한, 실제로는 웨이퍼(W)위에는 마스크(M)위의 패턴의 반전상이 전사되지만, 도 5에서는 알기쉽게 하기 위해 정립상이 전사되는 것으로서 설명한다. 도 5에 있어서, 경계선(59)을 가로로 절단하도록 형성되어 있는 회로패턴(37W, 32W, 60, 61)에서는 종래의 전사방식에서는 연결오차가 발생하는 우려가 있다. 구체적으로 회로패턴(37W)은 대부분은 윗측의 부분 전사영역(종래방식에서의 부분 전사영역)에 있지만, 아래측의 부분 전사영역에도 조금 끼여나와 있다. 반대로 회로패턴(32W)은 대부분은 아래측의 부분 전사영역에 있지만, 윗측의 부분 전사영역에도 끼여나와 있다. 그리고, 회로패턴(60)은 경계선(59)의 양측에 길게 연장되어 있지만, 경계선(59)의 근방에 절곡부(60a)가 있다. 회로패턴(61)도 동일하게 경계선(59)의 양측에 길게 연장되어 있지만, 정밀도가 필요한 것은 경계선(59)을 가로로 절단하는 가는 부분(61a)만으로 한다.

이와같은 회로패턴에 대하여 연결오차를 두드러지지 않게 하기 위해 본예에서는 마스크(M)위의 인접한 가늘고 긴 시야의 패턴내에 중복하여 노광되는 부분을 설치한다.

도 4는 본예의 마스크(M)위의 패턴의 일부 확대도이며, 이 도 4에 있어서, 마스크(M)위의 주사(51A, 51B)가 경계영역(52A)를 끼어서 배치되어 있다. 이때, 주사(51A)내에서 경계영역(52A)에 접하는 소정 폭의 중복부(31A)및 주사(51B)내에서 경계영역(52A)에 동일폭의 중복부(31B)를 설정하며, 중복부(31A, 31B)내의 패턴을 웨이퍼(W)위에서 동일한 전사영역으로 전사하는 것으로 한다. 일예로서, 주사(51A, 51B)의 Y방향의 폭은 약 250 μ m이며, 중복영역(31A, 31B)의 Y방향의 폭은 약 10 μ m이다. 동일하게 도 3에 있어서, 마스크(M)위의 다른 주사(51B, 51C...)에 있어서도, 인접하는 시야간에 중복부를 설치한다.

이경우, 도 4에 있어서, 전자선의 조사영역인 부사(53)가 마스크(M)위의 주사(51A)를 +X방향으로 주사한 후, 주사(51B)를 -X방향으로 주사하는 것에 의해 도 5에 나타내듯이 웨이퍼(W)위에서는 주사(51A, 51B)에 대응하는 부분 전사영역(58A, 58B)이 부분적으로 중복되어 있으며, 이 부분적으로 중복된 영역 중심선이 종래의 경계선(59)에 대응하고 있다.

또한, 도 4에 있어서, 마스크(M)의 주사(51A)에서는, 도 5의 회로패턴(32W)의 원화패턴(32), 회로패턴(60)의 절곡부(60a)보다 아래부분(33W)의 원화패턴(33)및 회로패턴(61)의 가늘게된 부분(61a)까지의 패턴(34W)의 원화패턴(34)이 형성되며, 주사(51B)에서는, 도 5의 회로패턴(61)의 가늘게된 부분(61a)의 윗패턴(35W)의 원화패턴(35), 회로패턴(60)의 절곡부(60a)보다 윗패턴(36W)의 원화패턴(36) 및 회로패턴(37)의 원화패턴(37)이 형성되어 있다. 또한, 원화패턴(32, 34)및 원화패턴(36, 37)은 각각 중복부(31A, 31B)에 걸쳐 형성되어 있다.

이 상태에서 마스크(M)위에서 전자선을 주사하면서 도 4의 주사(51A, 51B)의 원화패턴을 도 5의 웨이퍼(W)위의 부분 전사영역(58A, 58B)에 전사하면, 도 5에서 회로패턴(37W, 32W)은 연결부분이 없어진다. 또한, 패턴(33W, 36W)로 이루어지는 회로패턴(60)도 종래의 경계선(59)위에서의 연결오차는 없게되며, 패턴(34W, 35W)로 이루어지는 회로패턴(61)도 가늘게된 부분(61a)에서의 연결오차는 없게된다. 즉, 본예에서는 마스크(M)위의 인접한 시야내에 중복부를 설치하며, 높은 연결정도가 필요한 패턴을 상기 중복부내에 형성하는 것에 의해 웨이퍼(W)위에서 높은 연결정도가 필요한 부분에서의 연결오차를 실질적으로 0으로 할 수 있다.

또한, 예를들면 도 5에서 경계선(59)을 가로로 잘라 절곡된 패턴(103W)을 형성하고자 하는 경우, 상기 원화패턴을 도 4의 두개의 패턴(101, 102)으로 분할한다. 이 경우 도 5에서의 패턴 접속부는 동그렇게 싸여진 부분(104, 105)에서만 문제로 된다. 그러나, 이와같이 패턴엮이가 절곡되어 있는 곳에서는 적당 정도의 오차가 있어도 두드러지지 않는다.

끝으로, 본예의 도 1에 나타내는 투영렌즈(15)및 대물렌즈(19)로 이루어지는 대칭 자기 더블렛방식의 투영광학계의 수차특성의 시뮬레이션(simulation)에 관하여 설명한다. 그 전제로서, 도 1의 마스크(M)이 각 시야의 X방향의 길이를 20mm, 마스크(M)와 웨이퍼(W)와의 간격을 448mm로 하며, 비교를 위해 마스크(M)위에서 전자선이 조사되는 부사(53)가 250 μ m인 경우의 수차와, 부사(53)가 250 μ m(Y방향의 폭)×50 μ m(X방향의 폭)인 경우의 수차를 구하였다.

도 6은 본예의 투영광학계의 수차특성인 시뮬레이션결과를 나타내며, 이 도 6에 있어서, 가로축은 전자선의 개구반각 α (mrad), 세로축은 수차(nm)를 나타낸다. 그리고, 도 6에 나타내듯이 우측으로 내려가는 직선(38)은 회절효과에 의한 투영상의 불명확, 평행한 우측으로 올라가는 직선(40R, 40L)은 2종류의 뒹머수차, 우측으로 올라가는 직선(39)은 축위 색수차, 수차가 일정한 직선(43)은 배율 및 회전의 색수차를 각각 나타내고 있다. 이것들의 수차는, 부사(53)의 트기에는 관계가 없다.

그것에 대하여 도 6에 있어서, 점선의 우측으로 올라가는 평행한 직선(41B, 42B)는 각각 부사(53)가 250 μ m인 경우의 비정수차 및 상면 만곡을 나타내며, 실선의 우측으로 올라가는 평행한 직선(41A, 42A)

은 각각 부시아(53)가 $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 경우인 비점수차 및 상면만곡을 나타낸다. 이것에 의해 비점수차 및 상면 만곡에 관해서는, 부시아(53)를 $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 로 하는 것에 의해 $250\mu\text{m}$ 각의 경우와 비교하여 약 1/5로 개선되는 것을 알 수 있다.

또한, 아래에 블록한 점선의 곡선(45B) 및 실선의 곡선(45A)은 각각 부시아(53)가 $250\mu\text{m}$ 각인 경우 및 $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 경우인 수차의 합계를 나타내며, 위에 블록한 점선(44B) 및 실선의 곡선(44A)은 각각 부시아(53)가 $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 경우에 공간 전하효과에 어느만큼 수차를 배분할 수 있는지를 나타내는 곡선이다. 여기에서, 수차와 공간 전하효과와의 합계를 45nm 으로 한 경우, 곡선(44A, 44B)에 대하여 각각 우측으로 내려가 가로축에 45° 로 교차하는 점선(A, B)를 당기며, 상기 점선에서의 개구반각(α)을 αA 및 αB 로 한다. 이때, 발명자에 의해 개구반각($\alpha A, \alpha B$)으로 한다. 이때, 본 발명자에 의해, 개구반각($\alpha A, \alpha B$)과 대응하는 수차와의 곱에 비례한 빔 전류가 흐르는 것이 확실하게 되어있다. (예를들면, M.Nakasugi, H.Shimizu, Jpn. J. Appl. Phys. 1995 August, to be published. 참조).

도 6에서 부시아(53)가 $250\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 의 경우에는, 부시아(53)가 $250\mu\text{m}$ 각인 경우와 비교하여 약 4.1배의 빔 전류가 얻어지는 것을 알 수 있다. 즉, 부시아(53)의 X 방향의 폭을 Y방향의 폭인 1/5로 한 것에 의해 이와같이 큰 빔 전류를 얻을 수 있다. 또한, 상기 X방향의 폭(dx)인 Y방향의 폭(dy)에 대한 비율을 1/5 보다도 작게 하면, 직선(42A)의 상면 만곡은 보다 작게되며, 조금씩 빔 전류는 늘어가는 경향으로 된다.

또한, 상기 비율(dx/dy)을 1/5 보다 크게하면, 1mrad부근의 실제에 사용되는 개구반경(α)에서, 직선(42A)의 상면 만곡이 직선(43)의 배율 및 회전의 색차보다 크게 되며, 빔 전류는 급격하게 작게된다. 따라서, 본예에서는 부시아(53)의 X방향의 폭(dx)를 Y방향의 폭(dy)의 1/5로 하였다.

이어서, 도 1에서, 마스크(M)위를 일정한 폭의 부시아(53)로 주사하고 있을때, 부시아(53)의 내부에 포함되는 패턴의 개구부의 전면적을 마스크 전면에 대하여 미리 계산하여 둔다. 이 패턴의 개구부의 전면적에 빔 전류밀도를 곱하면 빔 전류가 얻어진다. 그리고, 공간 전하효과에 의한 디포가스를 보정하는데에 전극(16, 20)에 부여되는 전압과 빔 전류와의 관계를 미리 구해둔다. 이 결과, 빔 전류의 시간변화에서 전극(16, 20)에 주어지는 전압이 미리 알 수 있기 때문에 상기 전압을 전극(16, 20)에 부여하는 것에 의해 공간 전하효과에 의한 디포가스는 보정된다.

이어서, 본 발명에 의한 하전립자선 전사장치의 제 2 실시예에 관하여 도 7 내지 도 19를 참조하여 설명한다. 상기 제 1 실시예는, 전자선의 단면에서 강도분포의 일관성이 양호한 경우에 바람직하지만, 예를 들면, 전자총을 온도 제한영역에서 사용하도록 한 경우에는, 상기 전자선의 강도분포가 변동하거나 하는 일이 있다. 또한, 전자선의 강도분포는 평균으로서는 어느 대칭축의 주위에 가우스 분포형상이며, 보다 스루풋을 높이기 위해 전자선에서 조사되는 영역(시아)을 넓게 하면, 중앙부와 주변부의 강도차에 의해 적산 노광량의 일관성의 오차가 허용범위를 넘어버리는 우려가 있다. 그래서, 이하의 제 2 실시예에서는, 전자선의 단면에서의 강도분포가 동일하지 않은 경우에 있어서도, 주사 노광후의 적산 노광량(도즈)의 일관성을 높일 수 있는 예에 관하여 설명한다. 또한, 도 7 내지 도 13에 있어서, 도 1 내지 도 6에 대응하는 부분에는 동일부호를 병기하여 그에 관한 상세한 설명을 생략한다.

도 7은, 이 제 2 실시예의 전자선 축소 전사장치의 개략구성을 나타내며, 이 도 7에서, 광학계(전자 광학계)의 광축(AX)에 수직으로 Z축을 두고, Z축에 수직인 평면내에서 도 7의 지면에 평행하게 X축을, 도 7의 지면에 수직으로 Y축을 두어 설명한다. 우선, 도시생략된 전자총으로부터 방출된 전자선은, 빔 성형 어퍼쳐(1A)에 조사되며, 빔 성형 어퍼쳐(1A)의 정방향의 개구에서 단면형상이 형성된 전자선(EB)은, 제 1 콘덴서 렌즈(2A)를 통해 크로스 오버(4)를 형성한 후, 제 2 콘덴서 렌즈(2B)를 통해 평행빔으로 되어 마스크(M)으로 향한다. 그 후, 전자선(EB)은 전단의 전자 편향기(6)에 의해 X방향으로 따라서 $- \theta$ 만큼 복귀되어 마스크(M)위의 하나의 X방향으로 긴 시아위에 수직으로 입사된다. 마스크(M)와 빔 성형 어퍼쳐(1A)와는 공역이며, 마스크(M)위에서 빔 성형 어퍼쳐(1A)의 개구의 상인 정방향의 부시아(53A)에 전자선(EB)이 조사된다.

전자편향기(5, 6)에 있어서의 전자선의 편향량은, 장치전체의 동작을 총괄제어하는 주제어계(7)가 편향 포커스 제어부(8)를 통해 설정된다. 본예에서는, 전자 편향기(5, 6)에 대한 구동전류는, 편향각(θ)을 사용하여 변화율이 $\theta / \sin \theta$ 에 비례하도록 설정된다. 이것에 의해 전자선(EB)은 마스크(M)위에 수직으로 입사하는 조건을 유지하여 X방향에 따라서 일정속도로 주사하도록 되며, 마스크(M) 및 웨이퍼(W)에 대한 전자선의 노광량(도즈)의 분포가 동일하게 된다.

또한, 전자렌즈로 이루어지는 콘덴서 렌즈(2A, 2B)의 내측에는 각각 도전성인 원통형상의 전극(3A, 3B)이 설치되며, 전극(3A, 3B)에는 편향 포커스 제어부(8)에서 가변의 전압이 인가되어 있다. 본 예에서는 미리 마스크(M)위의 패턴밀도를 조사해두며, 패턴밀도가 작은 시아내에서는 전자선의 전류밀도를 크게하며, 패턴밀도가 큰 시아내에서는 상기 전류밀도를 작게하여 각 시아간에서 마스크(M)를 통과한 후의 빔 전류에 별로 차가 없도록하여 공간 전하효과에 의한 전자선(EB)의 불균형을 작게 할 수 있다. 반면, 콘덴서 렌즈(2A, 2B)에 있어서도, 빔 전류가 커면 초점거리가 길게되며, 빔 전류가 작으면 초점거리가 짧게되기 때문에 전자선의 전류밀도에 따라서 전극(3A, 3B)에 인가되는 전압을 제어하여 콘덴서 렌즈(2A, 2B)의 초점거리를 조정하고 있다. 이것에 의해 항상 빔 성형 어퍼쳐(1A)와 마스크(M)와의 공역관계를 유지하고 있다.

도 7에 있어서, 마스크(M)의 부시아(53A)내의 패턴을 통과한 전자선(EB)은 투영렌즈(15)에 의해 한번 광축(AX)위에서 크로스 오버(17)를 형성한 후, 대물렌즈(19)를 통해 축소배율 β (β 는 예를들면 1/4)로 반전 축소되어 전자선 레지스트가 도포된 웨이퍼(W)위의 전사영역에 부시아(53A)내의 패턴의 상을 형성한다. 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)는 대칭 자기 더블렛의 조건을 만족시키며, 또한, 투영렌즈(15)의 내부에 비축 대칭의 전자 편향기(71, 72, 73)가 배치되며, 대물렌즈(19)의 내부에도 비축 대칭의 전자 편향기(74, 75, 76)가 설치되며, 주제어계(7)의 제어아래에서 편향포커스 제어부(22)를 통해 전자 편향기(71-76)이 여자된다. 또한, 도 7에서 크로스 오버(17)가 형성되는 위치를 둘러싸도록 비점 수차보정용인 8극의 전자코일(18)이 배치되어 있다. 전자코일(18)에서 보정량은 편향 포커스 제어부(22)에 의해 설정된다. 본 예에서는 마스크(M)위의 X 방향에서의 전자선(EB)의 조사위치에 따라서 전자 편향기(71-73)의 여자전류 및 전자 편향기(74-76)의 여자전류를 동시에 변화시키는 것으로,

투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)로 이루어지는 투영광학계의 수차를ダイナ믹하게 보정한다. 그것과 동시에 상기 투영 광학계의 렌즈전류를 변화시키는 것에 의해 다이내믹하게 포커스 위치를 조정하며, 전자코일(18)의 전류를 변화하는 것에 의해 다이내믹하게 비점 수차의 조정을 행한다.

또한, 투영렌즈(15)와 마스크(M)와의 사이에 각각 광축(AX)를 끼도록 배치된 X 방향으로 긴 한쌍의 평판형상의 도전체로 이루어지는 정전 편향기(13, 14)가 배치되어 있다. 전단의 정전 편향기(13)는 전자선(EB)을 Y방향으로 편향하며, 후단의 정전 편향기(14)는 상기 전자선(EB)을 복귀하는 역할을 가지며, 정전 편향기(13, 14)에 있어서의 전자선의 편향량은, 주제어계(7)가 편향 포커스 제어부(22)를 통해 설정된다.

도 8은, 도 7의 전자장치를 +X방향에서 본 일부를 단면으로한 측면도이며, 상기 도 8에 나타내듯이 정전 편향기(13, 14)는 각각 Y방향으로 소정간격으로 배치된 한쌍의 평판형상의 도전체로 부터 구성되어 있다.

도 7에서, 또한, 대물렌즈(19)와 웨이퍼(W)와의 사이에 각각 8극의 2단인 정전 편향기(21)가 배치되며, 정전 편향기(21)의 편향량도 편향 포커스 제어부(22)에 의해 설정되어 있다. 정전 편향기(21)에 의해 고속으로 웨이퍼(W)위에서의 전자선(EB) 조사 위치를 X방향 및 Y방향으로 변화시킬 수 있다. 본 예에서는, 마스크(M)와 웨이퍼(W)와는 Y방향으로 동기되어 주사되지만, 그 경우의 마스크(M)와 웨이퍼(W)와의 사이의 상대정동의 보정 및 투영광학계의 디스토션등의 왜곡의 보정을 행하기 위해 상기 정전 편향기(21)가 사용된다.

이어서, 마스크(M)를 이동하는 스테이지계 및 웨이퍼(W)를 이동하는 수스테이지계의 구성은, 도 1 및 도 2에 나타내는 제 1 실시예와 동일하다. 즉, 마스크(M)는 마스크 스테이지(9)에 의해 Y방향으로 연속이동하며, X방향으로 스텝이동 되도록 구성되어 있다. 웨이퍼(W)는, 시료대(23)에 놓여진 상태에서 Y방향으로 연속이동함과 동시에 X방향으로 스텝이동 되도록 구성되어 있다.

도 7에 있어서, 도시생략된 노광데이터 기억장치로부터 노광대상인 마스크(M)의 패턴 구성이나, 웨이퍼(W)위의 복수의 전사영역의 배열의 정보등의 노광 데이터가 주제어계(7)에 공급된다. 이 노광 데이터에 근거하여 주제어계(7)는 편향 포커스 제어부(8, 22)를 통해 마스크(M)위에서의 전자선의 주사속도 및 전사상의 초점위치등을 제어함과 동시에 마스크 스테이지(9) 및 웨이퍼측의 시료대(23)의 위치 및 주사속도등을 제어하는 것에 의해 웨이퍼(W)위의 각 전사영역에 각각 마스크(M)의 전사상의 패턴의 축소상을 전사한다.

도 9는 본예이 전자선 축소전사장치에 의한 전사방법의 설명도이며, 도 9에 있어서, 마스크(M)의 전사용 패턴은 Y방향으로 경계영역(52A, 52B, 52C...)를 끼며, 복수의 X방향으로 가늘고 긴 장방형의 주사야(51A, 51B, 51C...)로 분할되어 있다. 이것들의 주사야(51A, 51B...)에는 각각 웨이퍼에 전사되어지는 패턴형상에 대응하는 전자선의 투과부가 마련되며, 경계영역(52A, 52B...)은, 전자선을 차단하며 또는 확산되는 비패턴 영역이다.

그리고, 도 7의 전자편향기(5, 6)등을 통해 마스크(M)위의 주사야(51A)를 Y방향으로 덮는 한변의 폭(L)인 정방형의 부사야(53A)에 전자선(EB)이 조사되며, 주사야(51A)를 통과한 전자선(EB)은, 웨이퍼(W)위의 하나의 전사영역(55A)내의 정방형의 노광영역(56A)에 수직으로 입사된다. 이 상태에서, 전자 편향기(5, 6)를 통해 마스크(M)위를 전자선(EB)의 부사야(53A)가 차례로 +X방향 및 -X방향으로 주사된다. 이 경우에 각 주사야(51A, 51B...)의 X방향(길이방향)의 길이는, 전사대상의 반도체 칩의 1칩분의 원판 패턴의 단변방향의 폭에 동등하게 설정되어 있다. 단, 상기 각 주사야(51A, 51B...)의 X방향의 길이를 그 원판 패턴의 단변방향의 폭보다 넓게 설정하여도 좋다. 이것에 의해 주사방향에는 웨이퍼(W)위에 이음매가 발생하는 것이 없게되며, 고정도로 전사가 행해진다.

그렇지만, 이와같이 마스크(M)위의 각 주사야(51A, 51B...)의 주사방향의 길이를 길게하면, 광축(AX)에서 떨어진 위치에서의 수차가 증가되어 버린다. 그래서, 본예에서는 우선, 도 7에 나타내듯이 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)로 이루어지는 대칭자기 더블렛방식의 축소칭의 광학계에 복수의 전자편향기(71-76)를 설치하며, 이것들의 전자 편향기(71-76)를 동작시켜 축외 수차의 저감을 이루고 있다. 또한, 도 9에서 마스크(M)위의 부사야(53A)의 X방향(주사방향)의 폭과 Y방향의 폭은 실질적으로 동등하게 설정되어 있다. 이것에 의해 빔 면적이 최대로 되며, 전자-전자의 충돌에 의한 전자선의 불균형이 최소한 억제되어 높은 해상도의 패턴상을 전사할 수 있다.

또한, 본예에서도 제 1 실시예와 동일하게 도 9에서, 부사야(53A)(전자선(EB))이 ± X방향으로 주사되는 것과 동기되어 마스크(M)이 -Y방향(또는 +Y방향)으로 연속적으로 주사됨과 동시에 웨이퍼(W)가 +Y방향(또는 -Y방향)에 연속적으로 주사된다. 그 결과, 마스크(M)위를 궤적(54)에 따라서 순차적으로 전자선(EB)의 부사야(53A)가 +X방향 및 -X방향으로 상호 주사되어 마스크(M)위의 주사야(51A, 51B...)의 패턴이 차례로 웨이퍼(W)위의 전사영역(55A)내에서 궤적(57)에 따라서 X방향으로 가늘고 긴 장방형의 부분 전사영역(58A, 58B...)에 전사된다. 마스크(M)의 주사방향과 웨이퍼(W)의 주사방향이 반대로 되는 것은, 도 7의 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)에 의해 웨이퍼(W)에 반전상이 투영되기 때문이다. 그 후, 웨이퍼(W)위의 인접하는 전사영역(55B)에도 동일하게 마스크(M)의 패턴이 전사된다.

이 경우에 본예에 있어서도 제 1 실시예와 동일하게 Y방향의 연결오차를 저감하기 위해서, 마스크(M)위의 주사야(51A, 51B...)에 대응하는 웨이퍼(W)위의 부분 전사영역(58A, 58B...)은 Y방향으로 부분적으로 중복되도록 접속되어 있다. 이와같이 웨이퍼(W)위에서 부분 전사영역(58A, 58B...)를 Y방향으로 소정폭 만큼 중복되게 이어 맞추기 위해 도 7의 2개의 정전 편향기(13, 14)가 사용된다. 여기에서, 마스크(M)위의 주사야(51A, 51B...)의 Y방향의 폭(dy1)(중복되어 전사되는 한쪽 부분의 폭을 제외한 값으로 된다), 경계영역(52A, 52B...)의 Y방향의 폭(dy2) 및 마스크(M)에서 웨이퍼(W)로의 축소배율(β)을 사용하여 마스크(M)의 주사속도(VM)와 웨이퍼(W)의 주사속도(VW)와의 관계는 수학적 식 1에 나타낸다. 이것에 의해 마스크(M)위에서 전사되는 패턴은, 거의 광축(AX)을 거로로 절단하는 위치에 도달한 각 주사야(51A, 51B...)로 이루어지며, 웨이퍼(W)위의 각 부분 전사영역마다에 투영되는 패턴상의 초점위치나 투영상의 왜곡등의 제반 수차를 보정하면서 전사가 행해진다.

여기에서, 도 9에서의 전자선(EB)의 조사영역인 부시아(53A)의 폭(L)의 결정방법의 한예에 관하여 설명한다.

도 10은, 도 9의 부시아(53A)를 포함하는 영역의 확대도이며, 이 도 10에서 마스크(M)의 주시아(51A)의 Y방향의 양단에 비패턴 영역(76A, 77A)이 형성되며, 주시아(51A)의 비패턴 영역(77A)과 그 위의 주시아(51B)의 비패턴 영역(76B)과의 사이의 영역이 주변부보다 두꺼운 가로대(78A)로 이루어지며, 비패턴 영역(76B, 77A) 및 가로대(78A)가 도 9의 경계영역(52A)에 대응하고 있다. 상기 주시아(51A)위를 궤적(54)에 따라서 전자선에 의한 한번의 폭(L)의 부시아(53A)가 X방향으로 주사된다.

이 경우, 본예의 전자총이 온도 제어영역에서 사용되고 있는 것으로 하면, 상기 전자총에서의 전자선의 빔 강도(I)는 케소우드의 일관계의 불균일성에 의해 세밀하게 변동됨과 동시에 케소우드의 온도차이에 의해 비교적 크게 변동된다.

도 11은, 그와같은 전자선의 빔 강도(I)의 분포의 측정결과와 한예를 나타내며, 도 11이 가로축은 도 7의 빔 성형 어퍼처(1A)위에서의 X방향의 위치를 나타내며, 종축은 빔 강도(I)를 나타내고 있다. 또한, 상기 가로축에서의 길이는, 빔 성형 어퍼처(1A)에서 마스크(M)로의 투영배율을 사용하여 마스크(M)위에서의 X방향(주사방향)의 길이로 환산하고 있다. 도 11에 있어서 빔 강도(I)는 예민하게 진동함과 동시에 최대로 되는 위치와 최소로 되는 위치와의 X방향의 간격이(이것을 '립플폭'이라고 칭함)G에서 완만하게 변동되고 있다. 이 빔 강도(I)의 분포는, 시간과 동시에 변화하고 있지만, 통상은 최대로 되는 위치와 최소로 되는 위치와의 립플폭(G)은 그다지 크게는 변화하지 않는다.

그래서, 본예에서는 도 10의 부시아(53A)의 X방향의 폭(L)을 상기 립플폭(G)보다도 넓게 하고 있다. 이를 위해서는, 도 7의 빔 성형 어퍼처(1A)의 개구의 폭을 마스크(M)위에 환산하여 립플폭(G)보다도 넓게 하면 좋다. 한예로서, 폭(L)을 립플폭(G)의 계측치의 평균치의 2배, 4배등의 짝수배로 설정하여도 좋다. 이 경우, 주사방향(X방향)에 대해서는 좁은 범위내에서는, 주사에 의한 적분효과에 의해 노광량의 변질은 발생하지 않는다. 또한, 빔 성형 어퍼처(1A)에 입사되는 전자선의 빔 강도(I)가 변동되어도 상기 립플폭(G)이상의 폭인 전자선이 들어가 있기 때문에 마스크(M)위를 부시아(53A)가 주사하는 과정에서 차례로 노광량이 소정의 허용치를 넘어서 변화되는 일도 없이 웨이퍼(W)위에서의 적산 노광량의 분포도 동일하게 된다.

또한, 도 10에서는, 주시아(51A)와 마스크(M)의 좌단의 엽지와와의 사이의 비 패턴영역은 넓기 때문에 주사의 개시시에도 폭(L)의 부시아(53A)의 전체에 전자선을 조사할 수 있다. 그러나, 주시아(51A)와 마스크(M)의 엽지와와의 가이가 좁은 경우에는, 주사의 개시시에도 폭(L)의 부시아(53A)의 전체에 전자선을 조사하면, 불필요한 전자선이 마스크온도를 불필요하게 상승시키게 된다. 그래서, 도 7의 빔 성형 어퍼처(1A)의 저(바닥)부에 개구의 X방향의 폭을 제한하는 제 2빔 성형 어퍼처(도시생략)을 배치하며, 이 제 2빔 성형 어퍼처를 사용하여 주사의 개시시에는 부시아(53A)의 X방향의 폭을 차례로 넓게하도록 하여 주사의 종료시에는 부시아(53A)의 X방향의 폭을 차례로 좁게 하도록 하여도 좋다. 이것에 의해 주시아(51A)와 마스크(M)의 엽지와와의 사이를 좁게할 수 있으며, 마스크(M)내에 의해 대면적의 회로패턴을 배치할 수 있다.

끝으로, 도 7 및 도 8에 나타내는 본예의 투영렌즈(15) 및 대물렌즈(19)로 이루어지는 대칭 자기 더블렛 방식의 투영광학계에 복수개의 전자 편향기(71-76)를 설치한 계의 수차특성의 시뮬레이션결과와 한예에 관하여 설명한다. 한예로서, 도 7 및 도 8에 있어서의 마스크(M)의 각 주시아(51A, 51B...)의 X방향의 길이를 10mm, 마스크(M)와 웨이퍼(W)와의 간격을 560mm로 하여 부시아(53A)가 250 μ m각인 경우, 즉 부시아(53A)의 폭(L)이 250 μ m인 경우에 관하여 수차를 계산하였다.

도 12는 본예의 투영광학계의 수차 특성의 시뮬레이션 결과를 나타내며, 이 도 12에 있어서, 가로축은 전자선의 개구반각 α (mrad); 종축은 수차(nm)를 나타낸다. 그리고, 도 12에 나타내듯이 우측으로 올라가는 직선(98)은 구면 수차에 의한 투영상의 불균형, 평행한 우측으로 올라가는 직선(90R, 90L)은 2종류의 콤팩트 수차, 우측으로 올라가는 직선(99)은 축위 색수차, 수차가 일정한 직선(93)은 배율 및 회전의 색 수차를 각각 나타내고 있다. 이것들의 수차는, 부시아(53A)의 크기가 250 μ m각 인것으로서, 도 7의 전자 편향기(71-76)를 동작시킨 경우의 수차이다.

또한, 우측으로 올라가는 평행한 직선(91, 92)은 각각 비점수차 및 상면 곡면을 나타내며, 약간아래로 볼록한 곡선(95)은 이것들의 수차 합계를 나타내며, 위로 볼록한 곡선(94)은, 공간 전하효과(전자-전자 상호작용)에 어느만큼 수차를 배분할 수 있는지를 나타내는 곡선이다. 여기에서, 수차와 공간 전하효과와의 합계를 100nm로 한 경우, 곡선(94)에 대하여 각각 우측으로 내려져서 가로축으로 45°로 교차하는 접선(8)을 당기며; 상기 접점에서의 개구반각(α)을 α_A 로 한다. 이때, 본 발명자에 의해 개구반각(α_A)과 대응하는 수차와의 곱에 비례한 빔 전류를 흘릴 수 있는 것이 확실하게 이루어져 있다.

또한, 점선의 직선(96)은 왜곡수차(값은 3.7nm)이며, 이것에 의해 충분히 고정도의 패턴을 형성할 수 있는 것을 알 수 있었다. 또한, 이 경우의 개구반각(α_A)은 7.6mrad로 크기때문에, 전자-전자 상호작용에 의한 전자빔의 불균형도 작다.

이어서, 본 발명의 제 3실시예에 관하여 도 13 내지 도 17을 참조하여 설명한다.

본 예에서도, 도 7 및 도 8에 나타내는 전자선 축소 전자장치와 기본적으로 동일한 구성의 전자장치를 사용하여 전자선의 조사영역인 부시아로 마스크를 주사하여 노광을 행하지만, 본예의 전자선의 강도분포는 거의 가우스 분포형상으로 이루어져 있다.

도 13은, 본예의 마스크위에서 폭(L)의 정방향의 부시아(53B)에 조사되는 전자선의 X방향(주사방향) 및 Y방향으로의 강도분포를 나타내며, 이 도 13에 나타내듯이 부시아(53A)내의 전자선의 강도분포(S)는, 중심에서의 빔 강도(I)를 1(임의 단위)로 하면, 상기 중심에서 가장 먼 정점에서의 빔 강도(I)가 0.9로 되는 가우스 분포형상이다. 따라서, 상기 부시아(53B)를 사용하여 스탭앤드 리피트방식으로 전사를 행하면, 웨이퍼위에서는 최대 적산 노광량을 1로 하면, 최소적산 노광량은 0.9로 되어 약 10%의 적산 노광량의 불균일성이 발생되지 않게 된다.

이것에 대하여, 본예에서는 도 14a에 나타내듯이 마스크위에서 부시아(53B)를 X방향으로 주사하여 노광을 행하기 때문에 웨이퍼위에서 X방향에 따른 각 점에서의 노광량 변질이 발생하지 않는다. 단, 도 13에서 알수 있듯이 부시아(53B)내에서의 전자선 Y방향의 강도분포는 평균적으로 산형(mount type)으로 변화되어 있기때문에, 주사 노광후의 웨이퍼위에서의 적산 노광량(D)은, 비주사 방향(Y방향)에 대하여 도 14b에 나타내듯이, 폭(L)의 범위내의 중앙부에서의 값은 0.97로 작게되며, 가장 먼 엣지부에서의 값은 0.94로 증가하여 불룩한 곡선형상으로 된다. 따라서, 비주사 방향(Y방향)에 대한 적산 노광량의 불균일성은 약 3%(=100× 0.03/0.97)로 개선된다. 즉, 본예와같이 주사 노광을 행하는 것에 의해 스텝엔드 리프트 방식으로 전사를 행하는 경우에 비교하여 적산 노광량의 일관성의 오차(불균일성)는 약 1/3정도로 개선되게 된다.

또한, 도 14b에 나타내는 비주사 방향으로의 적산 노광량의 변질을 없애기 위해서는, 부시아(53B)의 폭을 Y방향의 중앙부에서 좁게하면 좋다.

도 15는 그와같이 Y방향의 폭을 중앙부에서 좁게한 부시아(53C)에서의 전자선의 강도분포를 나타내며, 상기 도 15에 있어서, 부시아(53C)는, 한편 폭(L)의 정방향에서 -X방향측변의 근방 원호형상의 영역(79)을 삭제한 형상이다. 전자선의 강도분포(I)는, 중앙부에서의 값을 1로하면 가장 먼 위치에서의 값은 0.9이다.

이 부시아(53C)를 사용하여 도 16a에 나타내듯이 마스크를 X방향으로 주사하면, Y방향의 중앙부에서의 적산 노광량은, 도 14a의 경우에 비교하여 적게 된다. 따라서, 주사 노광후의 웨이퍼위에서의 적산 노광량(D)은, 비주사 방향(Y방향)에 대하여 도 16b에 나타내듯이 0.94로 일정하게 된다. 단, 이 경우의 적산 노광량의 기준은 도 14b에서의 값이다. 즉, 본예와 같이 정방향의 일부를 제거한 형상의 부시아(53C)를 사용하여 주사노광을 행하는 것에 의해 정방향의 부시아(53B)를 사용하여 주사노광을 행하는 경우보다도 적산 노광량의 일관성을 개선할 수 있는 것을알 수 있다.

도 17a는, 상기와같은 비정방향의 부시아(53C)를 생성하기 위한 빔 성형 어퍼처부의 구성예를 나타내는 평면도이며, 도 17b는 상기 측면도로서, 먼저 도 17a에 나타내듯이 빔 성형 어퍼처(18)의 중앙부에 2점배선의 정방향(80A)에 대하여 원호형상의 불룩부를 설치한 개구(80)가 형성되어 있다. 또한, 도 17b에 나타내듯이 빔 성형 어퍼처(18)의 저부에 선단이 원호형상의 전자선 차단판(81)이 배치되며, 이 전자선 차단판(81)은, 회전하는 회전스테이지(82), X방향으로 이동하는 X스테이지(83)및 Y방향으로 이동하는 Y스테이지(84)를 통해 베이스(85)위에 올려 놓여져 있다. 즉, 전자 차단판(81)은 빔 성형 어퍼처(18)의 개구(80)의 저부에서 외전방향, X방향 및 Y방향으로 이동할 수 있도록 배치되어 있다.

이 경우, 전자 차단판(81)을 개구(80)의 저부에 걸리지 않도록 하여두는 것으로, 도 15에 나타내는 정방향에 대하여 일부가 좁게된 형상의 부시아(53C)를 생성할 수 있다. 또한, 전자총의 경시변화등에 의해 전자선의 강도분포가 초기의 분포에서 차츰 변화하는 것도 있다. 상기와같은 경우에는, 상기 강도분포의 변화에 대하여 주사 노광후의 웨이퍼위에서의 적산 노광량의 분포가 동일하게 되도록 도 17a에 나타내듯이 전자 차단판(81)에서 개구(80)를 통과한 전자선의 일부를 차단하도록 한다. 이것에 의해 경시변화등으로 전자선의 강도분포가 변화되어도 웨이퍼위에서의 적산 노광량의 분포를 항상 동일하게 유지할 수 있다.

또한, 전자선의 조사영역에 있는 부시아(53A, 53B, 53C)등의 기본적인 형상은 꼭 정방향으로 할 필요는 없으며, 장방향이나 원호형상등이라도 좋다. 단, 정방향이라면 수차가 최소의 상태에서 전사가 행해진 다.

또한, 본 발명은 예를들면 이온빔 등을 사용한 하전립자선 전사장치에도 적용할 수 있다. 이와같이 본 발명은 상술한 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 요지를 벗어나지 않는 범위에서 여러가지의 구성을 취할 수 있다.

발명의 효과

본 발명의 제 1하전립자선 전사장치에 의하면, 예를들어 대칭 자기더블렛 방식과 같은 축대칭의 투영수단을 사용하고 있기 때문에 발생하는 수차는 광축으로부터의 거리만의 함수로 된다. 또한, 마스크위를 주사하는 하전립자선의 단면형상은 주사방향의 폭이 비주사 방향의 폭보다 좁게되어 있기 때문에 마스크 위에서의 하전립자선의 조사영역내에서는 수차는 거의 일정하게 간주할 수 있으며, 이 수차는 간단한 기구로 용이하게 보정할 수 있다. 따라서, 마스크위의 전사용의 패턴을 하전립자선으로 주사하는 것에 의해 상기 패턴을 전사대상의 기판위에 전사하는 경우에 간단한 구성으로 수차를 제어하여 고정도로 패턴을 전사할 수 있는 장점이 있다.

이 경우, 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 편향각을 θ 로 한때, 상기 주사수단에 대한 구동신호를 변화율이 $\theta / \sin \theta$ 에 비례하도록 설정한 때에는, 마스크위에서의 하전립자선의 주사속도가 일정하게 된다. 따라서, 전사대상의 기판위에서의 노광량 분포를 동일하게 할 수 있는 장점이 있다.

또한, 축 대칭의 투영수단이 복수의 전자렌즈로 구성되며, 이것들의 복수의 전자렌즈중의 적어도 하나의 전자렌즈내에 배치된 실질적으로 축대칭의 도전성의 전극과, 주사수단을 통해 하전립자선에서 상기 마스크를 주사하는 경우에 상기 전극에 인가하는 전위를 제어하는 것에 상기 투영수단의 초점거리를 제어하는 초점거리 제어수단에 의해 상기 기판위에서의 하전립자선에 의한 투영상의 포커스위치를 높은 응답속도로 보정할 수 있는 장점이 있다.

또한, 상기 마스크를 투과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리를 보정하는 초점거리 보정수단을 설치한 때에는, 상기 마스크의 패턴밀도등에 따라서 공간전하 효과에 의해 투영상의 포커스위치가 변화된 때에도 상기 포커스위치를 보정하여 투영 광학계에서의 초점 맞춤조건을 항상 만족할 수 있는 장점이 있다.

이어서, 본 발명의 제 2하전립자선 전사장치에 의하면, 하전립자선의 강도분포의 편차를 주사후에 상쇄하도록 하는 단면형상을 갖는 하전립자선으로 마스크 위를 주사하고 있기 때문에 상기 하전립자선의 강

도분포에 변질이 있는 경우에도 주사후의 적산 노광량의 변질이 적은 장점이 있다.

이경우에, 마스크를 투과한 하전립자선의 비점 수차를 보정하기 위한 비축 대칭의 비점 보정코일, 또는 편향장치를 설치한 경우에는, 예를들면 대칭자기 더플렛방식과 같은 축대칭의 투영수단에 대하여 비축 대칭이 비점 보정코일등으로 축외수차를 저감할 수 있기 때문에 진존하는 수차는 무시야의 반경의 함수로 된다. 이 변형이 일정한 경우에는 무시야를 정방형으로 한 때 최대의 무시야 면적으로 된다. 따라서, 정방형의 빔으로 주사된 때에 최대의 빔 전류가 얻어지며, 스루풋이 최대로 된다.

또한, 하전립자선의 강도분포가 상기 부사 방향에서 림플을 갖고 변동되는 경우에 하전립자선의 단면형상을 주사방향의 폭이 상기 림플의 폭보다 넓게 되도록 하든자, 또는 하전립자선의 강도분포가 중앙부에서 높고 주변주에서 낮은 경우에 상기 하전립자선의 단면형상을 주사방향으로 수직인 비주사방향의 중앙부가 좁게 되도록 한 때에는, 적산 노광량의 일관성이 개선되는 장점이 있다.

또한, 상기 주사방향으로 수직인 비주사 방향에 상기 마스크 및 기판을 동기하여 이동하는 스테이지장치를 설치하며, 상기 마스크로서 패턴영역이 상기 비주사 방향에 대하여 상기 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 길이방향 폭에 대응하는 폭의 복수시야로 분할됨과 동시에 각 인접하는 2개의 시야가 서로 중복되는 부분을 갖는 마스크가 설치된 경우에, 상기 스테이지장치를 통해 상기 마스크 및 상기 기판을 상기 비주사 방향으로 이동하며, 상기 주사수단을 통해 상기 마스크위에서 하전립자선을 상기 주사방향으로 주사하는 것에 의해 상기 마스크위의 각 인접하는 2개의 시야 서로간에 중복되는 부분을 기판위에 겹쳐 전사하는 경우에는, 상기 인접하는 시야내에서 중복되는 부분에 높은 연결정도를 필요로 하는 패턴을 형성하여 두는 것에 의해 상기 패턴을 높은 연결정도로 전사할 수 있는 장점이 있다.

또한, 마스크를 투과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리, 비점 수차 및 편향기 전류의 모두를 보정하는 결상특성 보정수단을 설치한 경우에는 마스크의 패턴의 조밀도에 의하지 않고, 양호한 결상특성이 얻어진다.

청구항 1

전사용의 패턴이 형성된 마스크를 하전립자선으로 소정의 주사방향(X방향)으로 주사하여 상기 패턴을 전사대상의 기판위에 전사하는 하전립자선 전사장치에 있어서,

상기 주사방향의 폭이 상기 주사방향으로 수직인 비주사 방향의 폭에 비교하여 좁은 단면형상을 갖는 하전립자선으로 상기 마스크위를 상기 주사방향으로 주사하는 주사수단과,

상기 마스크를 투과한 상기 하전립자선을 집속하여 상기 기판위에 상기 패턴 일부의 상을 형성하는 축대칭의 투영수단을 갖는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 편향각을 θ 로 할때, 상기 주사수단에 대한 구동신호는, 변화율이 $\theta / \sin\theta$ 에 비례하도록 설정되는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 축대칭의 투영수단은, 복수의 전자렌즈에 의해 구성되며,

상기 복수의 전자렌즈중의 적어도 어느하나의 전자렌즈내에 배치된 실질적으로 축대칭인 도전성의 전극과,

상기 주사수단을 통해 하전립자선에서 상기 마스크를 주사하는 경우에, 상기 전극에 인가되는 전위를 제어하는 것에 의해 상기 투영수단의 초점거리를 제어하는 초점거리 제어수단을 구비하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 마스크를 투과한 하전립자선의 빔 전류의 기산변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리를 보정하는 초점거리 보정수단을 설치한 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 5

전사용의 패턴이 형성된 마스크를 하전립자선으로 소정의 주사방향으로 주사하여 상기 패턴을 전사대상의 기판위에 전사하는 하전립자선 전사장치에 있어서,

상기 하전립자선의 강도분포의 편차(deflection)를 주사후에 상쇄또는 저감하도록 단면형상을 이루는 하전립자선으로 상기 마스크위를 상기 주사방향으로 주사하는 주사수단과,

상기 마스크를 투과한 상기 하전립자선을 집속하여 상기 기판위에 상기 패턴 일부의 상을 형성하는 투영수단을 갖는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 6

제 5항에 있어서, 상기 마스크를 투과한 하전립자선의 비점 차수를 보정하기 위한 비 축대칭의 비점 보정코일, 또는 편향장치를 설치하며,

상기 하전립자선의 강도분포가 상기 주사방향에 있어서 림플을 갖고 변동하는 경우에,

상기 하전립자선의 단면형상은, 상기 주사방향의 폭이 상기 림플의 폭보다 넓거나,

상기 하전립자선의 강도분포가 중앙부에서 높고 주변부에서 낮은 경우에,

상기 하전립자선의 단면형상은, 상기 주사방향으로 수직인 비주사방향의 중앙부가 좁게 되어 있는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 7

제 1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 주사방향으로 수직인 비주사방향에 상기 마스크 및 상기 기판을 동기하여 이동하는 스테이지 장치를 설치하며,

상기 마스크로서, 패턴영역이 상기 비 주사방향에 대하여 상기 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 길이방향의 폭에 대응하는 폭인 복수의 시야로 분할됨과 동시에, 각 인접하는 2개의 시야가 상호 중복되는 부분을 갖는 마스크가 설치된 경우에,

상기 스테이지 장치를 통해 상기 마스크 및 상기 기판을 상기 비주사방향으로 이동하며, 상기 주사수단을 통해 상기 마스크위에서 상기 하전립자선을 상기 주사방향으로 주사하는 것에 의해,

상기 마스크위의 각 인접하는 2개의 시야 상호중복되는 부분을 상기 기판위에 겹쳐 전사하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 8

제 5항 또는 제 6항에 있어서, 상기 마스크를 통과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리, 비점 수차 및 편향기 전류의 모두를 보정하는 결상특성 보정수단을 설치하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

청구항 9

제 5항 또는 제 6항에 있어서, 상기 주사방향으로 수직인 비주사방향에 상기 마스크 및 상기 기판을 동기하여 이동하는 스테이지 장치를 설치하며,

상기 마스크로서, 패턴영역이 상기 비 주사방향에 대하여 상기 주사수단에 의해 주사되는 하전립자선의 길이방향의 폭에 대응하는 폭인 복수의 시야로 분할됨과 동시에, 각 인접하는 2개의 시야가 상호 중복되는 부분을 갖는 마스크가 설치된 경우에,

상기 스테이지 장치를 통해 상기 마스크 및 상기 기판을 상기 비주사방향으로 이동하며, 상기 주사수단을 통해 상기 마스크위에서 상기 하전립자선을 상기 주사방향으로 주사하는 것에 의해,

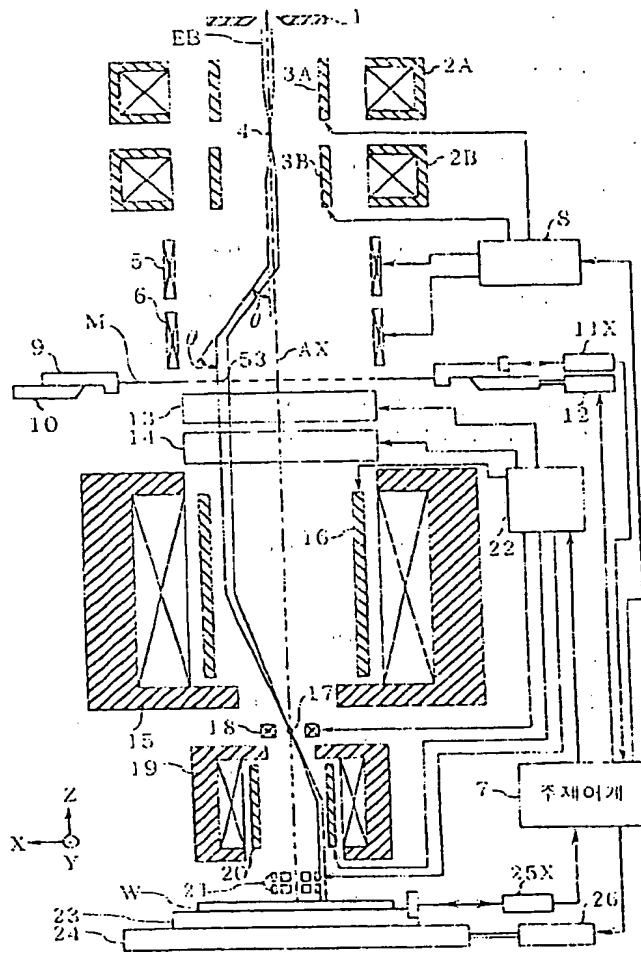
상기 마스크위의 각 인접하는 2개의 시야 상호중복되는 부분을 상기 기판위에 겹쳐 전사하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

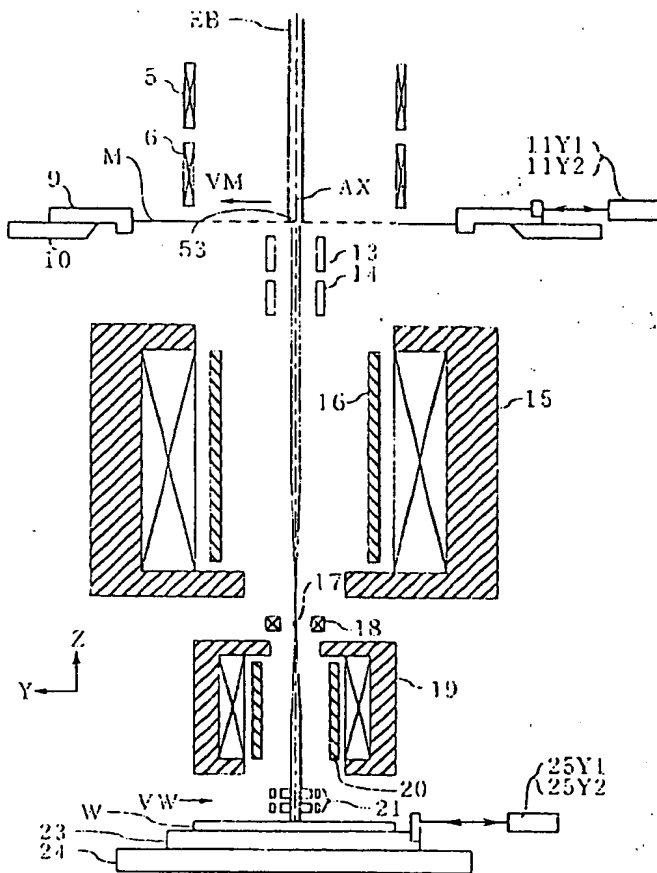
청구항 10

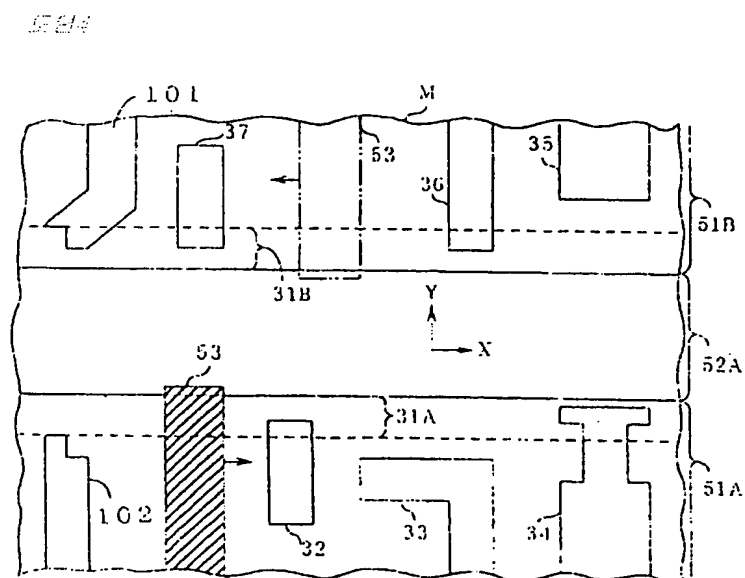
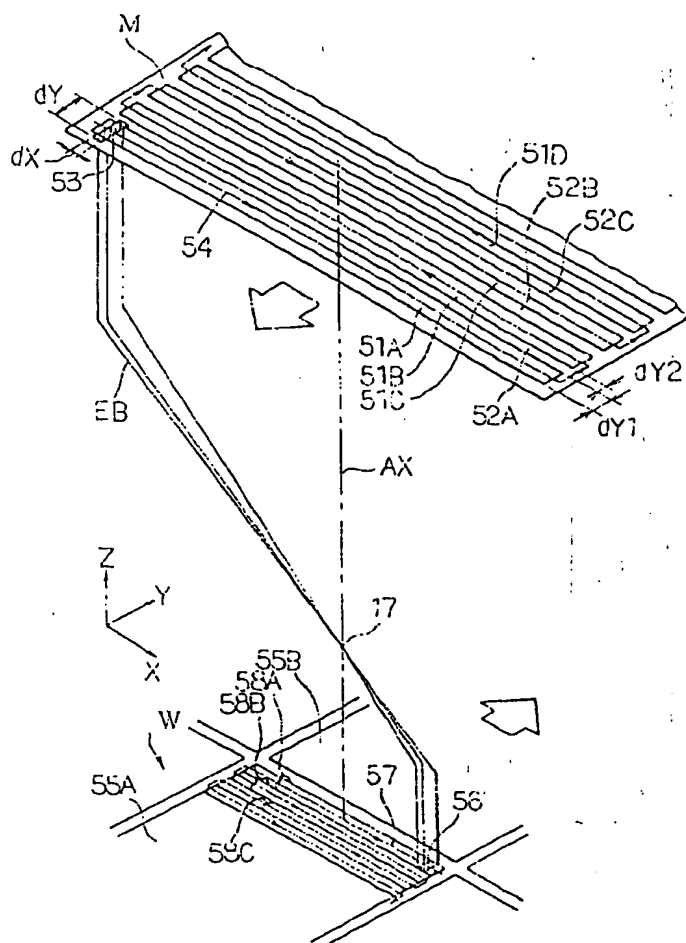
제 7항에 있어서, 상기 마스크를 통과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리, 비점 수차 및 편향기 전류의 모두를 보정하는 결상특성 보정수단을 설치하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

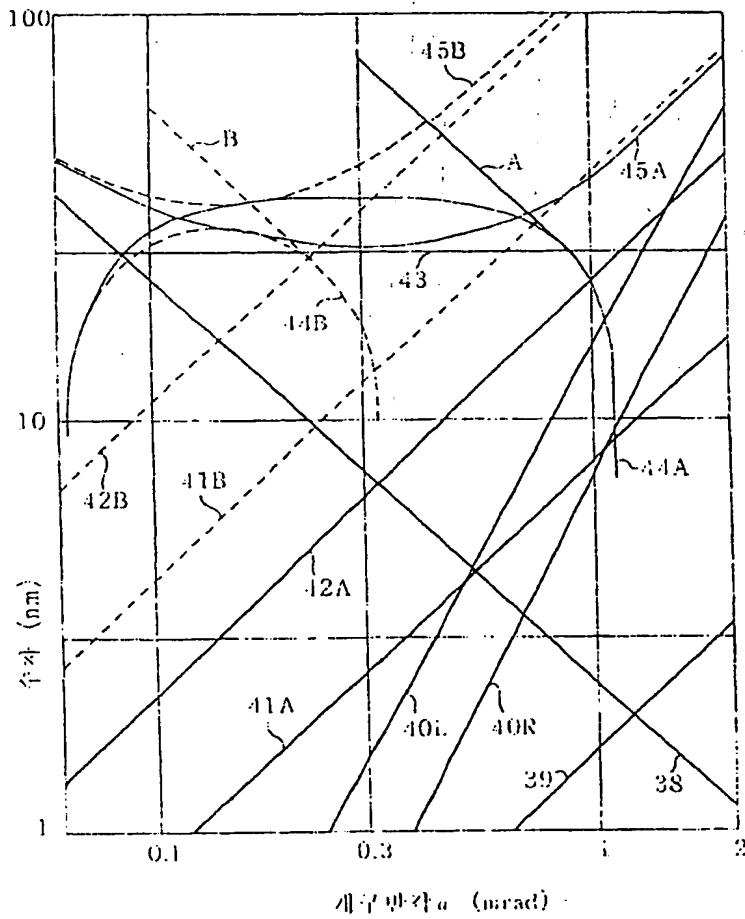
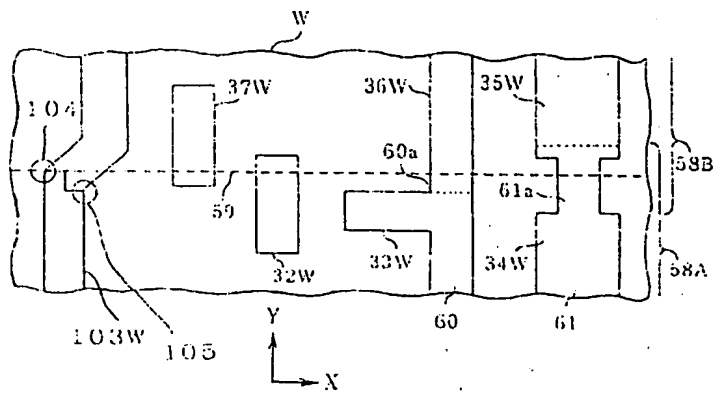
청구항 11

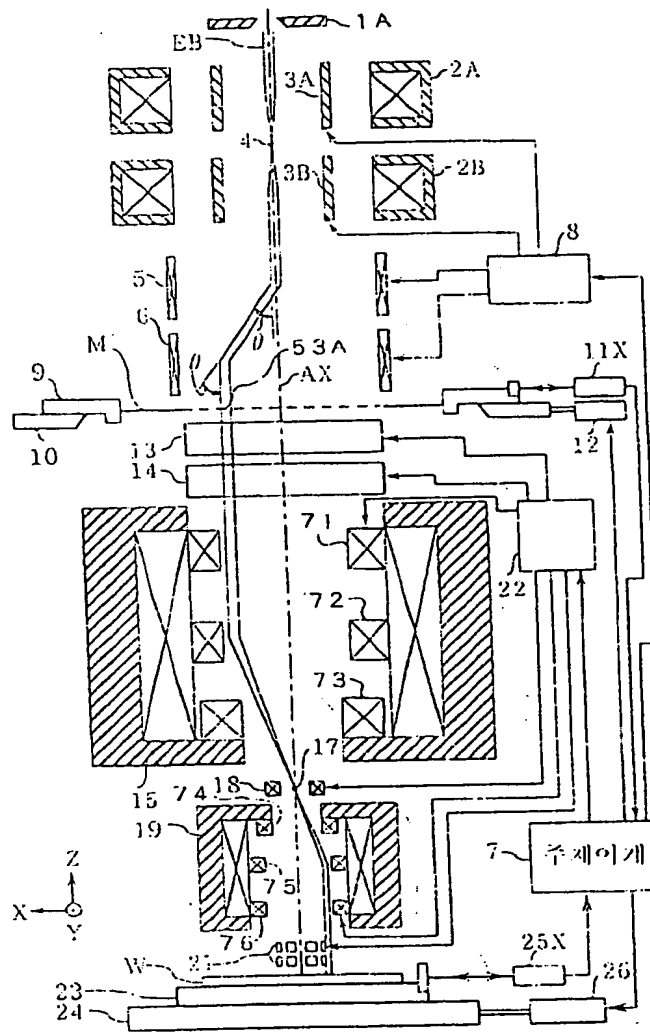
제 10항에 있어서, 상기 마스크를 통과한 하전립자선의 빔 전류의 시간변화에 따라서 상기 투영수단의 초점거리, 비점 수차 및 편향기 전류의 모두를 보정하는 결상특성 보정수단을 설치하는 것을 특징으로 하는 하전립자선 전사장치.

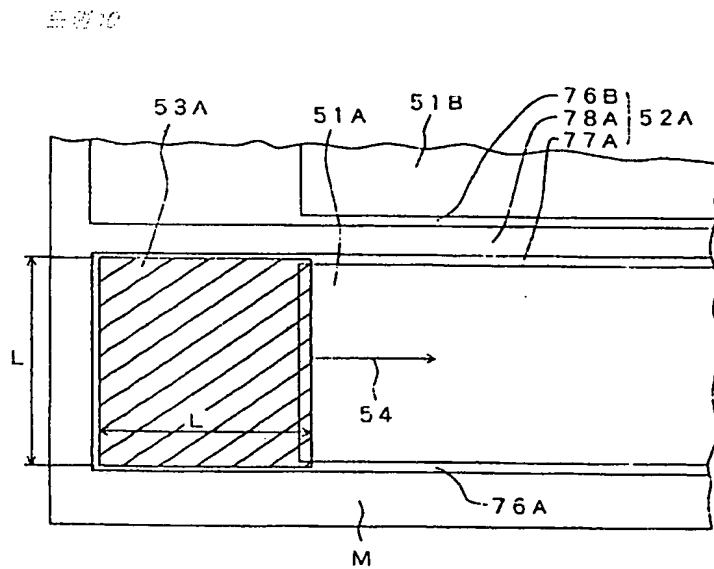
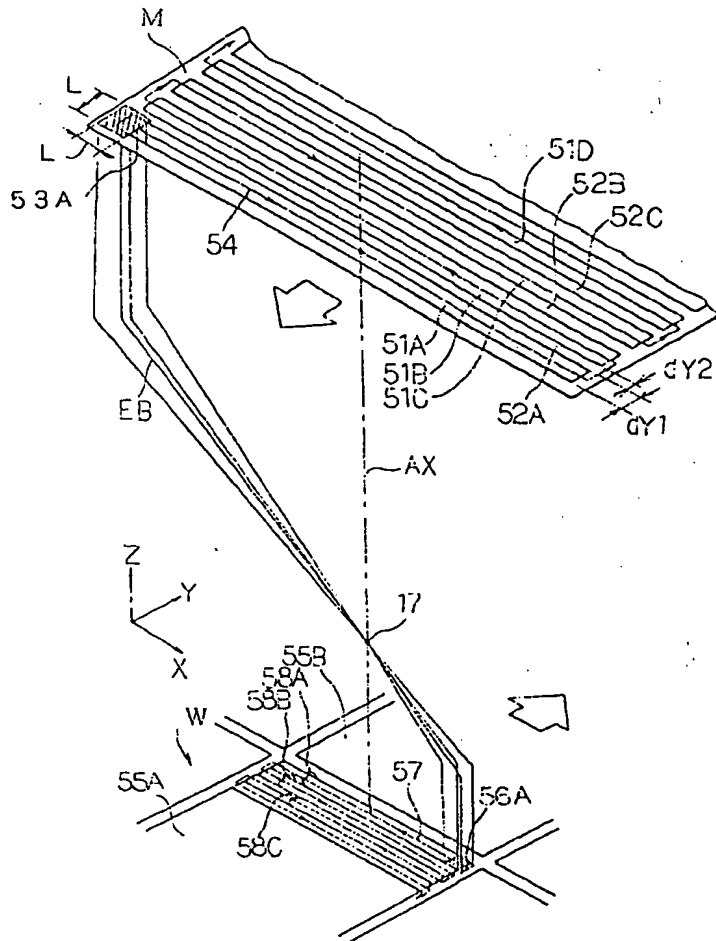


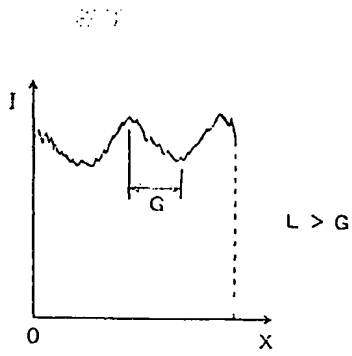




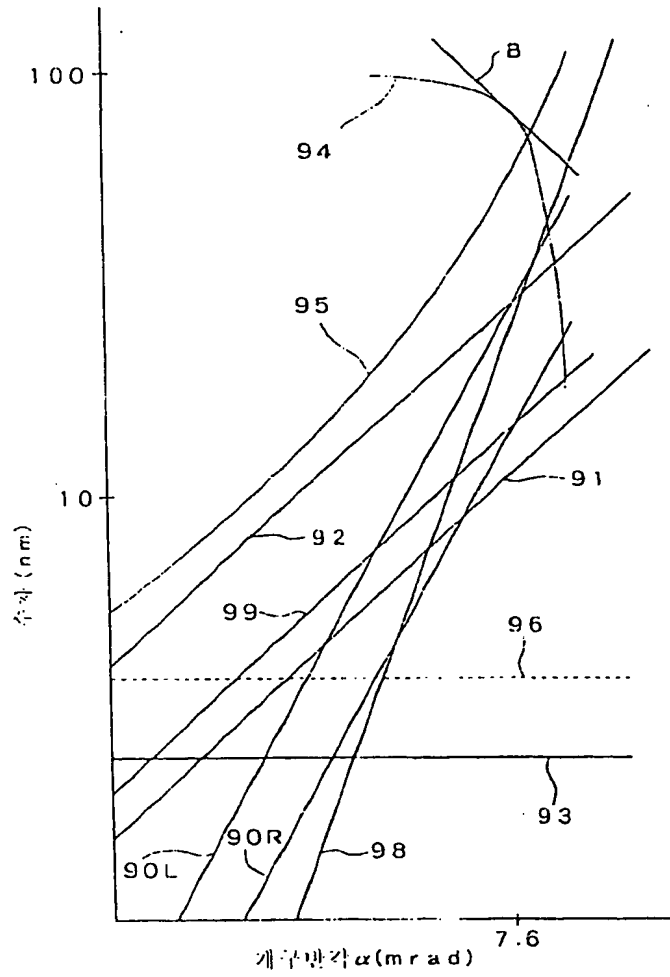


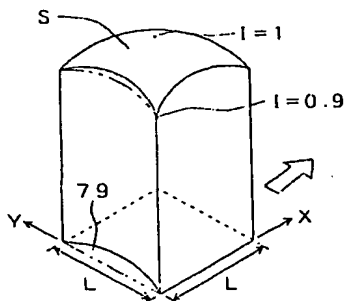
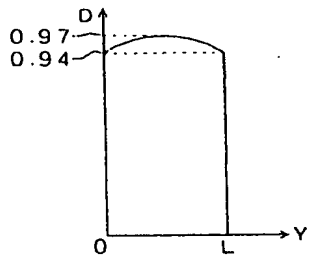
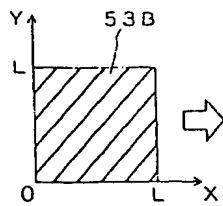
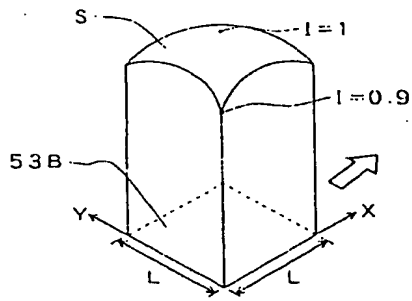




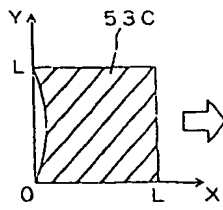


878

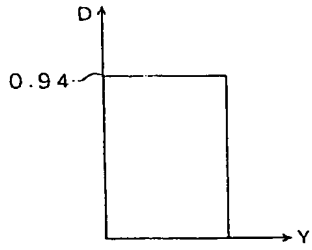




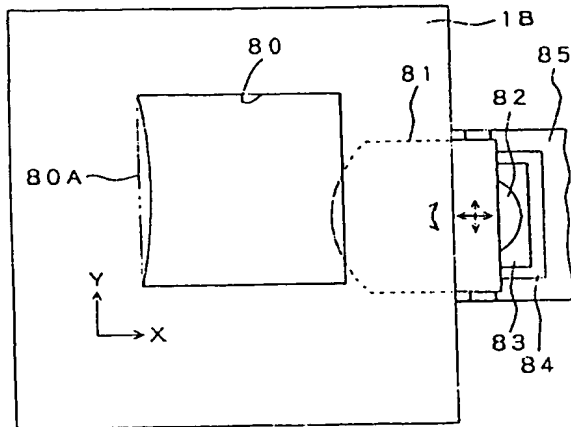
도 11a



도 11b



도 11c



도 11d

